

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Zentralinstitut für Arbeitsmedizin und Maritime Medizin

Institutsdirektor: Prof. Dr. med. Volker Harth, MPH

**Psychophysische Belastung und Beanspruchung von See- und
Hafenlotsen in Deutschland**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Dr. med. Filip Barbarewicz
aus Stettin, Polen

Hamburg 2020

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 22.02.2021**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: Prof. Dr. Klaus PüscheL

Prüfungsausschuss, zweiter Gutachter: PD Dr. Marcus Oldenburg

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
1. Originalpublikation	4
2. Zusammenfassende Darstellung	16
2.1 Einleitung	16
2.2 Material und Methoden	17
2.3 Ergebnisse	21
2.4 Diskussion	22
2.5 Limitationen	24
2.6 Aussicht	25
2.7 Literaturverzeichnis	27
3. Zusammenfassung	31
4. Summary	33
5. Erklärung des Eigenanteils an der Publikation	35
6. Danksagung	36
7. Lebenslauf	37
8. Eidesstattliche Versicherung	38

1. Originalpublikation



RESEARCH ARTICLE

Psychophysical stress and strain of maritime pilots in Germany. A cross-sectional study

Filip Barbarewicz*, Hans-Joachim Jensen, Volker Harth, Marcus Oldenburg

Institute for Occupational and Maritime Medicine (ZfAM) Hamburg; University Medical Center, Hamburg-Eppendorf, Germany

* fbarbarewicz@msn.com

Abstract



OPEN ACCESS

Citation: Barbarewicz F, Jensen H-J, Harth V, Oldenburg M (2019) Psychophysical stress and strain of maritime pilots in Germany. A cross-sectional study. PLoS ONE 14(8): e0221269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221269>

Editor: Sergio Garbarino, University of Genoa, ITALY

Received: December 14, 2018

Accepted: August 4, 2019

Published: August 15, 2019

Copyright: © 2019 Barbarewicz et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: The availability of our data is restricted by the Ethics Committee of the Hamburg Medical Association. The reason for restriction is data protection of the sensitive data of the research participants. We will only make our data available to the interested researchers upon request. The requests should be submitted to the Institute for Occupational and Maritime Medicine in Hamburg (Seewartenstr. 10, Haus 1, 20459 Hamburg; e-mail address: zfam@bgv.hamburg.de).

Introduction

Maritime pilots work in an irregular deployment system (rotation system) with unpredictable work assignments under high levels of physical and mental stress. Fatigue or chronic diseases, e.g. coronary heart disease, peptic ulcers or gastritis can occur as a consequence. This can lead to long-term limitations of pilots' work ability. The aim of this study is to analyse current stress and strain in maritime pilots.

Methods

Initially, all German pilots were interviewed with an online questionnaire about their living and working situation (response rate 43%). Subsequently, a medical and psychological examination of a random sample was carried out with pilots working in a 4-month rotation system compared with those working in a 1-week system. Most of the measurements took place at the beginning and the end of continuous work assignments each lasting several weeks (pre vs post-rotation). The questionnaires RESTQ-work 27, Resilience Scale RS-13 and Berlin Questionnaire were used as well as a sleeping diary. Furthermore, cardiovascular parameters (during rest and under ergonomic stress), activity and blood parameters, urine stress hormones, and the pupillary unrest index were surveyed.

Results

60 pilots were recorded with an average age of 48.7 years (SD 8.3 years). Among the parameters collected, there were no significant differences between pre and post-rotation examinations. Pilots with a 4-month rotation system experienced a much higher subjective strain level in RESTQ work-27 (OR 10.12 (95% CI 1.21–84.59)). According to the sleep diaries of the pilots working in a 4-month rotation system, reduced levels were found concerning the pre and post-rotation subjective performance level ($p = 0.042$ and 0.029), subjective sleep duration ($p = 0.032$) and current subjective feeling post-rotation ($p = 0.036$). Objectively measured arterial hypertension was significantly more frequent among pilots working 4 months at a time (OR 21.41 (95% CI 1.26–364.05)). In addition, elevated levels of total cholesterol, triglycerides and uric acid were more common among this group of pilots ($p =$

Funding: This study was funded by Bundeslotsenkammer (<http://www.bundeslotsenkammer.de>). The funder had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

0.038, $p = 0.033$ and $p = 0.038$). In particular, the risk of hypertriglyceridemia was increased (OR 4.41 (95% CI 1.15–16.91)).

Discussion

Maritime pilotage represents a very straining profession that has been studied very little up to this point. The present results indicate that 4-month rotation systems lead to higher levels of subjective and objective strain than 1-week rotation systems. Interventions are therefore recommended; especially a change in the rotation system should be considered.

Introduction

According to the German Maritime Pilots Law, constant availability of pilots is required at any time of day or night, 365 days a year. This is monitored by regional supervisors so that all ships can always be served without delay. The irregular arrival of ships at pilots' transfer stations makes it difficult to anticipate deployment requirements. The length of standby time depends on traffic and can therefore differ widely. Overall, the current deployment system requires a high degree of flexibility from pilots and their families, especially since there is a shift in generations and paradigms in pilotage. On the one hand, an increasingly higher average age of pilots as well as a simultaneously increasing employment rate among their spouses and life partners can be seen. On the other hand, a prioritisation of free time over work is observed [1].

Today, shipping without pilotage is unthinkable. Pilots are responsible for the safe navigation of ships through restricted and challenging waterways in controlled ports [2]. During their mostly very long work assignments, they are often isolated in a constantly changing work environment [3]. Pilots' stress is unevenly distributed over their entire working life [4] and can lead to chronic fatigue. Acute fatigue is particularly pronounced after prolonged night shifts [5].

Further investigations point to a multitude of health-related influences in pilotage. In addition to sleep problems [6], these influences can lead to cognitive disorders, impaired alertness [7], a clinical manifestation of sleep apnea syndrome and to accidents [8]. Older studies from 1980 and 1990 have already demonstrated a higher risk for pilots to develop diseases of the cardiovascular system and the psyche [9] compared to comparative populations. According to these older studies, high levels of occupational strain in pilotage can chronically increase the risk of manifested disease, e.g. coronary heart disease [10–12], peptic ulcer or chronic gastritis [13]. There are several longitudinal studies with comparable findings [14].

Due to the unscheduled and unpredictable nature of their work assignments, pilots often also exhibit an unhealthy lifestyle (nicotine consumption, obesity, little exercise during leisure time) [15, 16]. A recent systematic review revealed an increase in triglyceridemia in workers exposed to prolonged stress [17]. The (physical and mental) health and the stress and strain level of this important professional group for world trade have so far been insufficiently investigated only in isolated older surveys [3]. In particular, there are gaps in literature about the influence of pilots' working systems on strain. The aim of this study is to record and evaluate the current load and strain on pilots (for example, because of their rotation system or lack of sleep) during their on-board work assignments on an individual level.

Methods

Rotation systems within the German pilots' associations ("rotation systems") differ considerably, depending on the district [1]. The most common systems last 1 week (2 associations) or 4

months (4 associations). Harbour pilots use a 1-week system in which pilots alternate between 8 days on and 6 days off work. Several cycles of work and free time are followed by three weeks off. The systems of sea and channel pilots' associations in Germany are similar. Both associations predominantly use a 4-month system; a 4-month working period (2 or 4 free days per month) is followed by three to four weeks' leave. It is assumed that there are differences between harbour and sea pilots. Whereas harbour pilots perform sophisticated manoeuvres in the harbour, sea pilots have a challenging vessel transfer in sea conditions.

Sample collection

In order to estimate the willingness to participate, all 930 pilots in Germany were invited to take part in a voluntary online survey and 401 answered (participation rate of 43%). All 6 pilots' associations using a 1-week or 4-month system were included in this study. A random sample of 17% was chosen from this pool of 368 pilots. To reduce confounders, frequency matching was performed by age groups, pilot's associations and partnership. As required for matching procedures, further statistical analysis has been adjusted by these variables. The time-consuming examinations (about 2 hours per pilot and examination) took place from May 2017 to March 2018 at the respective pilots' stations.

Participation in this study was voluntary and participants provided a written consent in advance. The ethic committee of the Hamburg Medical Association, Germany, approved the study and gave a positive ethics vote (PV no. 5498).

Investigation time

The examinations were carried out at the beginning of a work assignment (after holiday = pre-rotation) and at the end of the following work assignment lasting several weeks (before holiday = post-rotation) (Table 1). Stress (rotation system with appropriate working hours, pilots' associations, operation report, number of steps, sleep duration) and resulting strain (biomonitoring, load ergometry, pupillometry, questionnaires) was recorded on an individual level, but examined on a group-based level (pre- and post).

Operation report

Operation reports were used to record the following operation phases: stay at pilot station, cross over by transfer boat, way to bridge, pilotage on bridge, departure from ship, transfer to pilot station and rest time at pilot station. This investigation lasted 3 days (72 hours) to obtain a representative examination period of the normal pilot's work assignment and took place during standardized points of time (for 4-month ROS the examination time was 2 months +/- 2 weeks, for 1-week ROS the 3rd - 5th day +/- 1 day after ROS beginning).

Table 1. Examination time.

instrument	examination time		
	<i>pre-rotation</i>	<i>in the mid of rotation</i>	<i>post-rotation</i>
operation report including heart rate and activity monitoring		x	
pupillometry	x		x
load ergometry	x		
blood analysis			x
stress hormones	x		x
questionnaires	x		
sleep diary	x		x

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221269.t001>

Heart rate was measured continuously for the 3 days with the transmitter / receiver unit RS800CX Polar Electro in each of these exertion phases defined in the operation report. In addition, synchronous continuous activity was monitored using the Bodymedia SenseWear Pro 3 armband monitor. The monitor, which is worn on the right upper arm, analyses the profile of physical activity (movement, lying down, sleeping) [18, 19].

Biomonitoring

Lipids (total cholesterol, LDL, HDL cholesterol, triglycerides), liver (ASAT, ALAT, yGT), metabolic (spontaneous glucose, HbA_{1c}, uric acid) and renal values (creatinine, calculated GFR to CKD-EPI) in the blood were analysed for the screening of (cardiovascular) risk factors. According to the "Labor Lademannbogen Hamburg" laboratory, the following values were defined as the upper limit of the respective reference range: 200 mg/dl for cholesterol, 150 mg/dl for triglycerides, and 7 mg/dl for uric acid in men. In addition, the stress hormones epinephrine, norepinephrine and dopamine in 24-h urine were determined. Elevated stress hormones were defined as epinephrine > 20 µg/d, norepinephrine > 80 µg/d or dopamine > 460 µg/d.

The limit for arterial hypertension was defined as elevated blood pressure (systolic >140 mmHg or diastolic >90 mmHg) [20].

Load ergometry Chester step test

The Chester step test is a multi-step submaximal test for determining age-related endurance capacity [21, 22] with a very high correlation to the medical gold standard of spiroergometry [23]. It determines individual oxygen consumption (VO_2) [24, 25].

Pupillometry

The Pupillographic Sleepiness Test is an objective method for recording daytime sleepiness by recording spontaneous and unconscious pupillary oscillations without light stimulus. With pupillometry, using the AmTech Fit-For-Duty measuring device, pupil width was continuously recorded for 11 minutes by a camera integrated in light-shielding glasses and pupil oscillations evaluated. The result is a pupillogram which can be used to deduct the pupillary unrest index (rPUI), a parameter for the variance of the pupil's diameter. Based on a reference collective, results were categorically interpreted as normal ($r\text{PUI} \leq 1.02$), marginal $1.02 < r\text{PUI} \leq 1.53$ or pathologic (>1.53) [26, 27]. An increase in daytime sleepiness was defined as deterioration by at least one category level. The Pupillographic Sleepiness Test is a reliable measurement to assess sleepiness [28–30].

Questionnaires

RESTQ-work 27 was used to record strain and recovery at work [31]. The Berlin Questionnaire was applied to determine the risk of obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) [32]. Following the recommendations of the German Society for Sleep Research and Sleep Medicine, the validated short version of the "evening morning protocols" was also used to record individual pathologies of sleep (sleep diary) [33, 34]. In addition, Resilience Scale (RS-13) captured psychological resilience as a permanent individual resource [35]. The RS-13 is an economic measuring instrument for measuring resilience as trait stability. Resilience is seen as a construct that encompasses constitutional personality traits and coping skills [35]. The RS-13 therefore is not sensitive to change over time.

Statistics

Statistical analysis was performed with SPSS (version 24, IBM Corporation). Parametric (Student's T, Chi Square, Fisher Exact) and non-parametric tests (Mann Whitney U, Friedman) were used in addition to descriptive statistics (mean with standard deviation (SD)). P-values lower than 0.05 marked error probability. First, a separate comparison of stress and strain parameters was performed between the time of examination (pre and post-rotation). Subsequently, the rotation systems (ROS) were compared. Crude odds ratio (OR) and adjusted OR (adjusted for pilots' associations and age) including 95% confidence intervals were calculated by binary logistic regression.

Results

Demographic data

Demographic data (age, weight, BMI, partnership, children) of 1-week ROS ($n = 12$) and 4-month ROS ($n = 48$) showed no significant differences partly as a consequence of matching (Table 2). Nevertheless, more obese pilots ($BMI \geq 25$) were found in the 4-month ROS. In addition, the latter pilots tended to rarely have a (working) partner or children. The results of RS-13 showed no significant differences, although 4-month ROS pilots often had lower resilience than their colleagues.

Questionnaire and biometric data

None of the parameters showed a significant difference between pre and post-rotation examination (Table 3). Nevertheless, a trend emerged: In their post-rotation sleep diaries, pilots stated to subjectively have a little less strength (lower performance) and to be more tense (current feeling). Sleep efficiency also tended to be worse during post-rotation evaluation. Generally, reduced activity (fewer steps, longer sleeping time and stay in bed) was recorded post rotation. Daytime sleepiness (rPUI) was higher post rotation, as expected. In addition, the stress hormones epinephrine and dopamine in urine tended to be higher post rotation.

Due to a lack of significant differences, data from examination times (pre and post-rotation) was summarised and the rotation systems were compared. Significant differences were detected: in RESTQ work-27, pilots of the 4-month ROS rated the subjective strain as 10 times

Table 2. Demographic characteristics.

	1-week ROS (n = 12)	4-month ROS (n = 48)	p
age, years (SD)	50.0 (6.7)	48.3 (8.6)	0.536 ¹
weight, kg (SD)	88.5 (11.4)	95.4 (16.1)	0.318 ²
BMI, kg/m² (SD)	26.4 (3.6)	28.6 (3.9)	0.070 ¹
≥ 25 , n (%)	7 (58.3%)	40 (83.3%)	0.431 ³
partnership, n (%)	12 (100%)	39 (81.3%)	0.214 ⁴
working partner, n (%)	11 (91.7%)	24 (50.0%)	0.079 ⁴
working hours/week (SD)	22.6 (11.3)	14.5 (16.4)	0.102 ²
children, n (%)	12 (100%)	36 (75.0%)	0.153 ³

¹Student's T test

² Mann Whitney U test

³Chi Square test

⁴ Fisher Exact test

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221269.t002>

Table 3. Questionnaire and biometric data.

	pre-rotation	post-rotation	p
sleeping diary			
performance (SD)	2.4 (0.7)	2.1 (0.8)	0.210 ¹
sleep during the day, min (SD)	42.8 (32.3)	41.4 (61.7)	0.894 ¹
sleep at night, h (SD)	6.1 (2.9)	6.8 (4.6)	0.687 ¹
feelings: tension (SD)	4.1 (0.8)	4.4 (1.2)	0.097 ¹
total wearing time of activity monitor, h (SD)	66.6 (26.1)	69.2 (44.0)	0.803 ¹
activity data			
steps/day (SD)	9,730 (4,096)	9,337 (5,147)	0.663 ¹
physical activity, h/day (SD)	2.1 (1.2)	2.0 (1.2)	0.401 ¹
sleep time, h/day (SD)	6.1 (2.9)	6.8 (4.6)	0.687 ¹
time in bed, h/day (SD)	7.7 (3.4)	8.7 (5.5)	0.619 ¹
sleep efficiency, % (SD)	78.3 (11.3)	71.7 (10.8)	0.233 ¹
energy consumption, kJ/day (SD)	13,435 (4,480)	13,504 (6,087)	0.589 ¹
pupilometry			
rPUI (SD)	0.9 (0.4)	1.0 (0.5)	0.138 ¹
heart rate, bpm (SD)	75.9 (8.5)	75.6 (7.0)	0.662 ¹
blood pressure			
systolic, mmHg (SD)	136.4 (11.6)	135.9 (11.3)	0.631 ²
diastolic, mmHg (SD)	85.1 (8.5)	84.6 (7.2)	0.403 ²
24-h-urine sampling			
norepinephrine, µg/day (SD)	47.2 (26.7)	49.0 (19.3)	0.841 ¹
epinephrine, µg/day (SD)	6.0 (4.5)	6.7 (3.9)	0.724 ¹
dopamine, µg/day (SD)	273.1 (147.7)	298.2 (149.1)	0.348 ¹

¹Student's T test²Friedman test<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221269.t003>

higher (Table 4). Among 4-month ROS pilots, arterial hypertonia was significantly more frequent (OR 21.41 (95% CI 1.26–364.05)). Furthermore, elevated blood values more frequently appeared concerning total cholesterol (224.7 mg/dl vs 199.4 mg/dl, p = 0.038), triglycerides (220.9 mg/dl vs 148.5 mg/dl, p = 0.033) and uric acid (6.1 mg/dl vs 5.6 mg/dl, p = 0.038). In particular, the risk of hypertriglyceridemia was increased (OR 4.41 (95% CI 1.15–16.91)). Altogether, the PROCAM score did not differ between both rotation systems (33.4 points vs 33.3 points). Further blood and urine parameters (stress hormones) showed no significant differences between both systems.

No significant differences were found in subjective assessment according to sleep diaries or in activity data (steps, physical activity, sleep duration and energy consumption). In ergometry, the majority of participants showed good to very good results with an average VO₂ of 44.4 ml O₂/kg/min without significant differences between ROS. Furthermore, no differences in daytime sleepiness defined by rPUI >1,02 were noted. Here, 4-month ROS pilots tend to be more tired than their counterparts (rPUI pre-rotation 0.88 vs 0.80 and rPUI post-rotation 0.98 vs 0.89) and more of them experienced an increase in daytime sleepiness between pre and post-rotation (deterioration by one category: 20.8% vs 16.7%). The Berlin Questionnaire found evidence of obstructive sleep apnea syndrome in 15 pilots (25%). Here, more OSAS risk cases were recorded among 4-month ROS pilots, without reaching a significant level. An adjusted OR was calculated in order to detect population-specific and age-specific differences in stress,

Table 4. Questionnaire and biometric data (pre and post-rotation data summarised).

	1-week ROS	4-month ROS	crude OR (95% CI)	adjusted OR [#] (95% CI)
samples, n	24	96		
RESTQ-work 27, n (%)				
elevated level of strain*	1 (8.3%)	23 (47.9%)	10.12 (1.21–84.59)	9.14 (1.10–83.54)
Berlin Questionnaire, n (%)				
elevated OSAS risk*	2 (16.7%)	13 (27.1%)	1.86 (0.36–9.63)	1.43 (0.27–7.61)
activity data, n (%)				
steps/day <10,000	10 (58.8%) ¹	30 (71.4%) ²	1.75 (0.54–5.67)	1.63 (0.50–5.31)
energy consumption >median ³	9 (52.9%)	18 (42.9%)	0.77 (0.26–2.27)	0.60 (0.20–1.82)
sleep efficiency <80%	8 (47.1%)	20 (47.6%)	1.02 (0.33–3.16)	1.01 (0.18–2.30)
heart rate, n (%)				
median ⁴	2 (8.3%)	12 (12.5%)	1.57 (0.33–7.54)	1.31 (0.27–6.42)
arterial hypertension, n (%)	0 (0.0%)	29 (60.4%)	21.41 (1.26–364.05)	17.31 (1.15–85.27)
ergometry⁵, n (%)				
very good	2 (16.7%)	19 (39.6%)	3.28 (0.65–16.63)	2.93 (0.57–14.99)
good	8 (66.7%)	23 (47.9%)	0.30 (0.06–1.60)	0.11 (0.01–1.28)
at least average	2 (16.7%)	6 (10.4%)	0.26 (0.03–2.36)	0.08 (0.02–3.66)
blood analysis⁶, n (%)				
hypercholesterolemia	6 (50.0%)	33 (68.8%)	2.20 (0.61–7.96)	2.39 (0.54–10.71)
hypertriglyceridemia	4 (33.3%)	33 (68.8%)	4.41 (1.15–16.91)	5.51 (1.10–27.68)
hyperglycemia	1 (8.3%)	5 (10.4%)	1.28 (0.14–12.10)	0.78 (0.08–7.39)
hyperuricemia	0 (0.0%)	11 (22.9%)	7.67 (0.42–139.74)	3.63 (0.20–65.28)
24-h-urine sampling⁶, n (%)				
elevated stress hormones	4 (16.7%)	6 (6.3%)	0.33 (0.09–1.29)	0.72 (0.21–2.45)
pupillometry, n (%)				
normal	18 (75.0%)	62 (64.6%)	0.61 (0.15–2.6)	0.59 (0.21–1.62)
marginal	3 (12.5%)	26 (27.1%)	3.55 (0.85–14.74)	2.60 (0.72–9.45)
pathological	3 (12.5%)	8 (8.3%)	0.60 (0.13–2.72)	0.64 (0.16–2.61)

Significant differences in bold

[#]adjusted for pilots' associations and age^{*}only pre-rotation evaluation (12 vs 48 pilots)[§]reference values see [Methods](#)¹ data incomplete (n = 17)² data incomplete (n = 42)³ median 13,154 kJ/day⁴ median 76 bpm⁵ age-related according to test protocol<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221269.t004>

whereby no statistically significant influence of district and age could be determined for any of the investigated parameters.

The different operation phases during a typical pilotage work assignment (e.g. boat transfer), presented in methods, did not show any significant differences in heart rate and activity data, neither intraindividually nor between both systems.

Further differentiation of pre and post-rotation data revealed the following significant differences between both ROS (4-month ROS vs 1-week ROS) in contrast to the overall data in Tab. 2: Subjective performance according to sleep diary (pre-rotation: 2.5 vs 2.0, p = 0.042; and

post-rotation: 2.3 vs 1.7, $p = 0.029$), sleep duration during day (post-rotation: 36.8 min vs 62.7 min, $p = 0.032$) and current subjective tension (post-rotation: 4.2 vs 5.0, $p = 0.036$).

Discussion

Maritime pilots' occupational health has so far scarcely been studied, and the existing older studies about this professional group suggest high levels of psychophysical stress and strain, especially an increased risk of cardiovascular diseases. However, compared to a comparative German population, pilots can be attributed a similar (low) cardiovascular risk (4.9% vs 2.9% according to prospective cardiovascular Munster (PROCAM) study score [36–39]). This confirms the results of an earlier study on the health status of Scottish pilots between 1988 and 2012, indicating that the number of cardiovascular risk factors of pilots has decreased compared to older studies (also as an effect of described lower nicotine and alcohol consumption) [17]. In this study, ergometry even showed above-average cardiovascular performance [22]. The currently estimated relative high resilience of the pilots (mean points 74 vs 70 in comparable population) [33] matches the results in ergometry.

In pupillometry, more indications of sleepiness were found among maritime pilots than in the general population ashore (30% vs 13%) [26, 27], but similar results compared to other occupational sectors with elevated levels of fatigue (lorry drivers, bus drivers and shift workers: 30%–35%) [40, 41]. The assessed risk of obstructive sleep apnea syndrome was also higher than in the general population (25% vs 10%) [42], but comparable with the risk of lorry drivers (30%) [40, 43, 44]. Overall, compared to appropriate reference groups, it appears that pilots have a similarly high fatigue-related health risk [45]. Therefore, countermeasures, such as training in anti-fatigue management, are recommended.

In an earlier study in 1984, a presumably stress-induced increase in heart rate during pilots' transfer from pilot boats to ships was reported [46]. This could not be confirmed in this study. A possible explanation irrespective of the ROS is e.g. the currently facilitated transfer manoeuvre compared to the work situation in 1980 (through better and more stable transfer boats) or an optimised preparation for upcoming duty with innovative information technology, which provides information both on the ship and current weather conditions.

In the comparison of pre and post-rotation data, no significant work-related strain was observed in this study, although there was a trend. This trend indicates that pilots have shown signs of fatigue in the course of their rotation: for example, post rotation: a slight decrease in subjective performance and an increase in tension were recorded – corresponding to an objectively measurable slight decrease in sleep efficiency. In addition, it was noted that 4-month ROS pilots tended to be more obese, to have fewer relationships and fewer children. This trend could indicate that a constant 4-month ROS interferes with relationships and family planning.

There were significant differences in occupational strain in the comparison between both ROS. The average energy consumption per day of more than 13,000 kJ corresponds to a higher energy turnover (about 9,260 kJ/day in a moderately active 40-year-old person) [47]. Average sleep duration of about 6.5 hours per day is considered to be low (6–8 hours per day in a comparable general male population) [48]. The calculation of adjusted OR did not reveal any district-specific or age-dependent differences. This suggests that the recorded stress and strain were representative and independent of age.

Due to longer work assignments in one stretch 4-month ROS seem to be measurably higher in stress, leading to an increased subjective strain (RESTQ-work 27) and worse subjective assessments in sleep diaries (pre and post-rotation performance, post-rotation sleep duration during the day and current tension post rotation). In accordance with these findings, a higher rate of arterial hypertension and increased blood lipid levels were detectable among 4-month

ROS pilots. Duration of work and restriction of leisure time planning, as reported in interviews, may lead to an unhealthy lifestyle with mental compensatory behaviour ("stress eating") and may be responsible for the poorer biometric data of these pilots [1].

The previously conducted studies on the stress level of pilots have already described difficult accessibility or little willingness to participate which have resulted in small study samples (mean n = 74, range 1–434) as in this study [3]. Due to the low number of subjects in this examination, bias cannot be ruled out (uncertainty as to the representativeness of this study population due to the low participation rate of volunteers) as a limitation of this study. In addition, when interpreting the results, a possible "healthy worker effect" should be taken into account which could lead to an underestimation of stress and strain levels in maritime pilotage.

Furthermore limitations of the instruments used have to be taken into account: The wearable device does not offer information about sleep architecture. It is more suitable for measuring bed rest [49]. Additionally, the device may underestimate sleep efficiency because of imprecise recording of lying time. Pupillometry is not yet reliable as a screening test for sleepiness. A further analysis of sleep can only be evaluated by polysomnography in sleep laboratories [50]. There are still interesting aspects for further research and statistical analysis (e.g. examination within groups across the time periods declared in the operation report to record subtle changes (e.g., night vs. day, day to day etc.) and to determine differences in the type of pilots' work. Nevertheless, this unique study describes current maritime pilots' stress and strain using a variety of reliable and elaborate methods and analysing the influence of their rotation system on strain.

Conclusions

Duration and intensity of the multiweek work intervals seem to have a significant impact on the pilots' strain: pilots working in 4-month ROS have a higher strain level than pilots in a 1-week ROS. It seems necessary to change the rotation system towards a shorter and therefore better predictable and more family-compatible work system. An already occurring paradigm change in pilotage is to be included in long-term planning. These interventions should be reviewed in the future through follow-up studies and continuously optimised as necessary.

Acknowledgments

The authors thank all examined maritime pilots for participating in this voluntary study. Furthermore, we wish to express our gratitude to Bundeslotsenkammer and all German pilots associations (Lotsenbrüderschaften) for their support.

Author Contributions

Conceptualization: Filip Barbarewicz, Marcus Oldenburg.

Data curation: Filip Barbarewicz.

Formal analysis: Filip Barbarewicz.

Funding acquisition: Filip Barbarewicz, Marcus Oldenburg.

Investigation: Filip Barbarewicz.

Methodology: Filip Barbarewicz, Hans-Joachim Jensen, Marcus Oldenburg.

Project administration: Filip Barbarewicz, Marcus Oldenburg.

Resources: Filip Barbarewicz, Volker Harth, Marcus Oldenburg.

Software: Filip Barbarewicz.

Supervision: Filip Barbarewicz, Hans-Joachim Jensen, Volker Harth, Marcus Oldenburg.

Validation: Filip Barbarewicz, Hans-Joachim Jensen, Marcus Oldenburg.

Visualization: Filip Barbarewicz.

Writing – original draft: Filip Barbarewicz.

Writing – review & editing: Filip Barbarewicz, Volker Harth, Marcus Oldenburg.

References

1. Barbarewicz F, Oldenburg M, Jensen JH. Endbericht Maritime Pilot Occupational Study of Stress and Strain (MarPOSS-Studie). Hamburg. Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf; 2018.
2. Darbra RM, Crawford JFE, Haley CW, Morrison RJ. Safety culture and hazard risk perception of Australian and New Zealand maritime pilots. *Marine Policy*. 2007; 31(6):736–45.
3. Main LC, Chambers TP. Factors affecting maritime pilots' health and well-being: a systematic review. *International Maritime Health*. 2015; 66(4):220–32. <https://doi.org/10.5603/IMH.2015.0043> PMID: 26726893
4. Geister R, Seifert R, Zorn E. Determination of psychological stress in sea pilot based on urinary catecholamine excretion. *Zentralblatt Arbeitsmedizin Arbeitsschutz Prophylaxe Ergonomie*. 1980; 30(12):458–63.
5. Cook TC, Shipley P. Human factors studies of the working hours of UK ship's pilots. Part 1: A field study of fatigue. *Applied Ergonomics*. 1980; 11(2):85–92. PMID: 15676378
6. Ferguson SA, Lamond N, Kandelaars K, Jay SM, Dawson D. The impact of short, irregular sleep opportunities at sea on the alertness of marine pilots working extended hours. *Chronobiology International*. 2008; 25(2):399–411. <https://doi.org/10.1080/07420520802106819> PMID: 18484370
7. Chambers TP, Main LC. Symptoms of fatigue and coping strategies in maritime pilotage. *International Maritime Health*. 2015; 66(1):43–8. <https://doi.org/10.5603/IMH.2015.0011> PMID: 25792167
8. Meere K, Van Damme J, Van Sprundel M. Occupational injuries in Flemish pilots in Belgium. A questionnaire survey. *International Maritime Health*. 2005; 56(1–4):67–77. PMID: 16532586
9. Zorn EW, Harrington JM, Goethe H. Ischemic heart disease and work stress in West German sea pilots. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 1977; 19(11):762–5.
10. Harrington JM. Mortality from coronary artery disease of English Channel and Hamburg pilots. *Transactions of the Society of Occupational Medicine*. 1972; 22(1):19–23. PMID: 5021433
11. Zorn E, Geister R. Occupational stress and cardiac mortality of German sea-pilots in 1945–1973. *Zentralblatt Arbeitsmedizin Arbeitsschutz Prophylaxe* 1977; 27(8):185–94.
12. Nyström L, Kolmodin-Hedman B, Jonsson E, Thomasson L. Mortality from circulatory diseases, especially ischaemic heart disease in sea pilots and boatmen in Sweden 1951–84: a retrospective cohort study. *British Journal of Industrial Medicine*. 1990; 47(2):122–6. <https://doi.org/10.1136/oem.47.2.122> PMID: 2310716
13. Dalhamn T. The incidence of peptic ulcer and chronic gastritis among Swedish sea pilots. *British Journal of Industrial Medicine*. 1953; 10(3):157–60. <https://doi.org/10.1136/oem.10.3.157> PMID: 13081924
14. Garbarino S, Magnavita N. Work stress and metabolic syndrome in police officers. A prospective study. *PLoS One*. 2015; 10(12):e0144318. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144318> PMID: 26641879
15. Shipley P, Cook TC. Human factors studies of the working hours of UK ships' pilots. Part 2: A survey of work-scheduling problems and their social consequences. *Applied Ergonomics*. 1980; 11(3):151–9. PMID: 15676383
16. Rutledge P. A comparison of health data from River Forth pilots in Scotland in 1988 and 2012. *International Maritime Health*. 2014; 65(2):43–6. <https://doi.org/10.5603/IMH.2014.0010> PMID: 25231323
17. Watanabe K, Sakuraya A, Kawakami N, Imamura K, Ando E, Asai Y, et al. Work-related psychosocial factors and metabolic syndrome onset among workers: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2018; 19(11):1557–68. <https://doi.org/10.1111/obr.12725> PMID: 30047228
18. Gruwez A, Libert W, Ameye L, Bruyneel M. Reliability of commercially available sleep and activity trackers with manual switch-to-sleep mode activation in free-living healthy individuals. *International Journal of Medical Informatics*. 2017; 102:87–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.03.008> PMID: 28495352

19. Kolling S, Wiewelhove T, Raeder C, Endler S, Ferrauti A, Meyer T, et al. Sleep monitoring of a six-day microcycle in strength and high-intensity training. *European Journal of Sport Science*. 2016; 16(5):507–15. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1041062> PMID: 26062597
20. Williams B, Mancia G, Spiering W, Agabiti Rosei E, Azizi M, Burnier M, et al. ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. *Journal of Hypertension*. 2018; 36(10):1953–2041. <https://doi.org/10.1097/JHJ.0000000000001940> PMID: 30234752
21. Sykes K. Chester Step Test. *Occupational Medicine*. 2018; 68(1):70–1.
22. Sykes K, Roberts A. The Chester step test—a simple yet effective tool for the prediction of aerobic capacity. *Physiotherapy*. 2004; 90(4):183–8.
23. Buckley JP, Sim J, Eston RG, Hession R, Fox R. Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise. *British Journal of Sports Medicine*. 2004; 38(2):197–205. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.005389> PMID: 15039259
24. Molloy MS, Robertson CM, Clotrone GR. Chester step test as a reliable, reproducible method of assessing physical fitness of disaster deployment personnel. *The Southern Medical Journal*. 2017; 110(8):494–6. <https://doi.org/10.14423/SMJ.0000000000000676> PMID: 28771644
25. Latin RW, Berg K, Kissinger K, Sinnott A, Parks L. The accuracy of the ACSM stair-stepping equation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001; 33(10):1785–8.
26. Wilhelm B, Körner A, Heldmaier K, Moll K, Wilhelm H, Lüdtke H. Normwerte des pupillographischen Schlafgerüsttests für Frauen und Männer zwischen 20 und 60 Jahren. *Somnologie*. 2001; 5(3):115–20.
27. Wilhelm BJ. Pupillography for the assessment of driver sleepiness. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2008; 225(9):791–8. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1027453> PMID: 18759210
28. Maccora J, Manousakis JE, Anderson C. Pupillary instability as an accurate, objective marker of alertness failure and performance impairment. *Journal of Sleep Research*. 2018; e12739. <https://doi.org/10.1111/jsr.12739> PMID: 30062813
29. Wilhelm B, Bittner E, Hofmann A, Koerner A, Peters T, Lüdtke H, et al. Short-term reproducibility and variability of the pupillographic sleepiness test. *American Journal of Human Biology*. 2015; 27(6):862–6. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22726> PMID: 25994239
30. Eggert T, Sauter C, Popp R, Zeithofer J, Danker-Hopfe H. The pupillographic sleepiness test in adults: Effect of age, gender, and time of day on pupillometric variables. *American Journal of Human Biology*. 2012; 24(6):820–8. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22326> PMID: 23012225
31. Kallus KW. RESTQ-Basic: The general version of the RESTQ. Kallus MK K. W., editor. Frankfurt: Pearson; 2016.
32. Senaratna CV, Perret JL, Matheson MC, Lodge CJ, Lowe AJ, Cassim R, et al. Validity of the Berlin questionnaire in detecting obstructive sleep apnea: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*. 2017; 36:116–24. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2017.04.001> PMID: 28599983
33. Hoffmann RM, Müller T, Hajak G, Cassel W. Arbeitsgruppe Diagnostik der Deutschen Gesellschaft für Schlaflorschung und Schlafmedizin. Abend-Morgenprotokolle in Schlaflorschung und Schlafmedizin—Ein Standardinstrument für den deutschsprachigen Raum. *Somnologie*. 1997; 1(3):103–9.
34. Pearse P. Use of the sleep diary in the management of patients with insomnia. *Australian Family Physician*. 1993; 22(5):744–8. PMID: 8517818
35. Leppert KB, Brähler E, Straß B. Die Resilienzskala (RS) - Überprüfung der Langform RS-25 und einer Kurzform RS-13. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht GmbH & Co. KG; 2008.
36. Neuhauser HK, Adler C, Rosario AS, Diederichs C, Ellert U. Hypertension prevalence, awareness, treatment and control in Germany 1998 and 2008–11. *Journal of Human Hypertension*. 2015; 29(4):247–53. <https://doi.org/10.1038/jhh.2014.82> PMID: 25273858
37. Scheidt-Nave C, Du Y, Knopf H, Schienkiewitz A, Ziese T, Nowossadeck E, et al. Prevalence of dyslipidemia among adults in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS 1). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2013; 56(5–6):661–7. <https://doi.org/10.1007/s00103-013-1670-0> PMID: 23703484
38. Assmann G, Cullen P, Schulte H. Simple scoring scheme for calculating the risk of acute coronary events based on the 10-year follow-up of the prospective cardiovascular Munster (PROCAM) study. *Circulation*. 2002; 105(3):310–5. <https://doi.org/10.1161/hc0302.102575> PMID: 11804985
39. Silber S, Jarre F, Pittrow D, Klotsche J, Pieper L, Zeiher AM, et al. Kardiovaskuläre Risikoabschätzung in der Hausarztpraxis (DETECT). *Medizinische Klinik*. 2008; 103(9):638–45. <https://doi.org/10.1007/s00063-008-1103-2> PMID: 18813887
40. Cassel W. Häufigkeit von Tagesschlafgerüst bei Berufskraftfahrern—eine Felduntersuchung. *Somnologie*. 2007; 11(1).

41. Peters T, Gruner C, Durst W, Hutter C, Wilhelm B. Sleepiness in professional truck drivers measured with an objective alertness test during routine traffic controls. International Archives of Occupational and Environmental Health. 2014; 87(8):881–8. <https://doi.org/10.1007/s00420-014-0929-6> PMID: 24514896
42. McNicholas WT, Rodenstein D. Sleep apnoea and driving risk: the need for regulation. European Respiratory Review. 2015; 24(138):602–6. <https://doi.org/10.1183/16000617.0049-2015> PMID: 26621974
43. Garbarino S, Guglielmi O, Campus C, Mascialino B, Pizzorni D, Nobili L, et al. Screening, diagnosis, and management of obstructive sleep apnea in dangerous-goods truck drivers: to be aware or not? Sleep Medicine. 2016; 25:98–104. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.05.015> PMID: 27823725
44. Berger M, Varvarigou V, Rielly A, Czeisler CA, Malhotra A, Kales SN. Employer-mandated sleep apnea screening and diagnosis in commercial drivers. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2012; 54(8):1017–25. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3182572e16> PMID: 22850349
45. Mayer G, Arzt M, Braumann B, Ficker JH, Fietze I, Frohnhofer H, et al. German S3 guideline nonrestorative sleep/sleep disorders, chapter "sleep-related breathing disorders in adults", short version: German Sleep Society (Deutsche Gesellschaft für Schlaforschung und Schlafmedizin, DGSM). Somnologie. 2017; 21(4):290–301. <https://doi.org/10.1007/s11818-017-0136-2> PMID: 29213210
46. Szadkowski D, Weipkema W, Lehnert G. Belastung und Beanspruchung von Seefahrern beim An- und Vorbordgehen. Arbeitsmedizin Sozialmedizin Präventivmedizin. 1984; 19(5):101–7.
47. German Nutrition Society (Deutsche Gesellschaft für Ernährung, DGE). New reference values for energy intake. Annals of Nutrition & Metabolism. 2015; 66(4):219–23.
48. Schlaack R, Hapke U, Maske U, Busch M, Cohrs S. Frequency and distribution of sleep problems and insomnia in the adult population in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2013; 56(5–6):740–8. <https://doi.org/10.1007/s00103-013-1689-2> PMID: 23703493
49. Lee JM, Byun W, Keill A, Dinkel D, Seo Y. Comparison of wearable trackers' ability to estimate sleep. Int J Environ Res Public Health. 2018; 15; 15(6). pii: E1265. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061265> PMID: 29914050
50. Yamamoto K, Kobayashi F, Hori R, Arita A, Sasanabe R, Shiomi T. Association between pupillometric sleepiness measures and sleep latency derived by MSLT in clinically sleepy patients. Environ Health Prev Med. 2013; 18(5):361–7. <https://doi.org/10.1007/s12199-013-0331-0> PMID: 23420264

2. Zusammenfassende Darstellung

2.1 Einleitung

Heutzutage ist die Schifffahrt ohne das Lotswesen undenbar. Lotsen sind zuständig für die sichere Navigation von Schiffen durch eingeschränkte und herausfordernde Wasserstraßen [1] in den angesteuerten Hafen. Während ihrer teils sehr langen Arbeitseinsätze sind sie isoliert in einer sich ständig ändernden Arbeitsumgebung [2]. Der Lotse wird als unabdingbares Verbindungsglied der Schifffahrt zwischen See und Land gesehen: In seiner nach §21 Abs. 2-3 Seelotsgesetz von 1954 selbständigen und alleinigen Verantwortung, handelt er in öffentlichem Auftrag im Rahmen der Daseinsvorsorge für Natur, Wirtschaft, Schifffahrt und alle Beteiligten an der maritimen und ökonomischen Wertschöpfungskette unter strikter Beachtung des Umweltschutzes. Der Lotsenberuf fordert jedem Beschäftigten ein hohes Maß an Wachsamkeit und physischer Fitness ab [3].

Nach Main und Chambers (2015) ist diesem stressigen Beruf im Vergleich zu anderen Berufsgruppen bislang wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden. Den Autoren zufolge ist die (physische) Gesundheit und maßgeblich das (psychische) Wohlbefinden dieser für den Welthandel bedeutenden Berufsgruppe nur unzureichend untersucht. Nähere Untersuchungen des Berufs belegen dessen Einflüsse auf die individuelle psychophysische Gesundheit von Lotsen. Die Einflüsse machen sich bemerkbar in Schlafstörungen [4], kognitiven Störungen, Einschränkungen der Wachsamkeit [5] und Unfällen [6]. Die Belastung der Lotsen ist nach Geister et al. (1980) nicht etwa begrenzt auf einen kurzen Zeitraum, wie bei Fallschirmjägern [4], sondern über das gesamte Arbeitsleben unregelmäßig und verschieden stark verteilt. Akut kann diese zu „Fatigue“ [3,4] und Einschränkungen der Reaktionsfähigkeit [5] führen.

Der zirkadiane Rhythmus von Seelotsen entspricht Cook und Shipley (1980) zufolge weitestgehend dem anderer Berufsgruppen, jedoch haben sie deutlich irregulärere Arbeits- und dadurch Schlafzeiten. Dieses kann chronisch das Risiko für manifeste Erkrankungen steigern, z.B. koronare Herzerkrankungen [8-11], peptische Ulzera und chronische Gastritiden [12].

Aufgrund der unregelmäßigen und wenig planbaren Einsätze findet sich koinzident nicht selten ein ungesunder Lebensstil (Nikotinkonsum, Adipositas, wenig Sport in der Freizeit) [13,14].

Dadurch können langfristig die Leistungsfähigkeit der Lotsen sowie die Lebensarbeitszeit dieser Berufsgruppe eingeschränkt sein.

Ältere Untersuchungen aus den 1980er und 1990er Jahren haben für Lotsen und eine im Vergleich zur Normalbevölkerung erhöhte Prävalenz von kardiovaskulären Risikofaktoren mit entsprechend erhöhtem Risiko für die Entwicklung von Erkrankungen des kardiovaskulären Systems und Einschränkungen durch psychische Faktoren [8] nachweisen können.

Das immer größer werdende Bewusstsein für ein drastisch erhöhtes Risiko für beispielsweise koronare Herzerkrankung im Lotsenberuf existiert seit längerem, maßgeblich auf Seiten der Lotsen selbst. Dieses Bewusstsein wird als Antrieb für arbeitsmedizinische Studien gesehen, die nicht selten von den Betroffenen selbst initiiert werden.

Vor diesem Hintergrund ist es interessant, die aktuelle Situation der Lotsen zu erfassen und daraus mögliche Strategien zur Reduktion dieser Belastungen in Zukunft abzuleiten.

2.2 Material und Methoden

Die Arbeitssysteme innerhalb der deutschen Lotsenbrüderschaften ("Börtsysteme"= ROS) unterscheiden sich je nach Revier erheblich (Barbarewicz et al. 2018). Die gängigsten Systeme dauern 1 Woche (2 Brüderschaften) oder 4 Monate (4 Brüderschaften). Hafenlotsen verwenden ein einwöchiges System, bei dem auf 8 Arbeitstage 6 Tage Freizeit folgen. Auf mehrere Arbeitszyklen und Freizeit folgen drei Wochen Urlaub. Die Systeme der See- und Kanallotsen in Deutschland sind ähnlich. Beide Brüderschaften verwenden überwiegend ein 4-Monats-System. Auf eine 4-monatige Arbeitszeit (2 oder 4 freie Tage pro Monat) folgt ein Urlaub von drei bis vier Wochen. Es wird angenommen, dass es Unterschiede zwischen Hafen- und Seelotsen gibt. Während Hafenlotsen anspruchsvolle Manöver im Hafen ausführen, haben Seelotsen unter Seebedingungen einen herausfordernden Schiffstransfer.

Stichprobensammlung

Um die Bereitschaft zur Teilnahme abzuschätzen, wurden alle 930 Lotsen in Deutschland zur Teilnahme an einer freiwilligen Online-Umfrage eingeladen und 401 haben diese beantwortet (Teilnahmequote von 43%). Alle 6 Lotsenbrüderschaften,

die ein 1-Wochen- oder 4-Monats-System verwendeten, wurden in diese Studie einbezogen. Aus diesem Pool von 368 Lotsen wurde eine Zufallsstichprobe von 17% ausgewählt. Um Störfaktoren zu reduzieren, wurde nach Altersgruppen, Lotsenbrüderschaften und Partnerschaften adjustiert. Wie für Matching-Verfahren erforderlich wurde die weitere statistische Analyse nach diesen Variablen adjustiert. Die zeitaufwändigen Untersuchungen (ca. 2 Stunden pro Lotsen und Untersuchung) fanden von Mai 2017 bis März 2018 an den jeweiligen Lotsenstationen statt.

Die Teilnahme an dieser Studie war freiwillig und die Teilnehmer gaben im Voraus eine schriftliche Zustimmung. Die Ethikkommission der Hamburger Ärztekammer hat der Studie zugestimmt und eine positive Ethikabstimmung abgegeben (PV Nr. 5498).

Untersuchungszeitpunkte

Die Untersuchungen wurden zu Beginn eines Arbeitseinsatzes (nach dem Urlaub = präbört) und am Ende des folgenden mehrwöchigen Arbeitseinsatzes (vor dem Urlaub = postbört) durchgeführt (Tabelle 1). Belastung (Börtsystem mit entsprechenden Arbeitszeiten, Lotsenbrüderschaften, Zeitprotokoll, Anzahl der Schritte, Schlafdauer) und die daraus resultierende Beanspruchung (Biomonitoring, Belastungsergometrie, Pupillometrie, Fragebögen) wurden auf individueller Ebene aufgezeichnet, jedoch gruppenbasiert untersucht (prä- und postbört).

Zeitprotokoll

Zeitprotokolle wurden verwendet, um die folgenden Arbeitsphasen aufzuzeichnen: Aufenthalt an der Lotsenstation, Überfahrt mit dem Transferboot, Weg zur Brücke, Lotsung auf der Brücke, Abfahrt vom Schiff, Transfer zur Lotsenstation und Ruhezeit an der Lotsenstation. Diese Untersuchung dauerte 3 Tage (72 Stunden), um einen repräsentativen Untersuchungszeitraum für den Arbeitsalltag des normalen Lotsen zu erhalten, und fand zu standardisierten Zeitpunkten statt (für das 4-monatige Börtsystem betrug die Untersuchungszeit 2 Monate +/- 2 Wochen, für das 1- wöchige Börtsystem fanden die Untersuchungen am 3. - 5. Tag +/- 1 Tag nach Börtbeginn stat).

Die Herzfrequenz wurde 3 Tage lang kontinuierlich mit der Sende- / Empfangseinheit RS800CX Polar Electro in jeder dieser im Zeitprotokoll definierten Belastungsphasen gemessen. Zusätzlich wurde die synchrone kontinuierliche Aktivität mit dem Armbandmonitor Bodymedia SenseWear Pro 3 überwacht. Der Monitor, der am

rechten Oberarm getragen wird, analysiert das Profil der körperlichen Aktivität (Bewegung, Liegen, Schlafen) [15, 16].

Biomonitoring

Die im Blut gemessenen Werte für Lipide (Gesamtcholesterin, LDL, HDL-Cholesterin, Triglyceride), Leber (ASAT, ALAT, γGT), Stoffwechsel (spontane Glucose, HbA1c, Harnsäure) und Niere (Kreatinin, berechnete GFR nach CKD-EPI) dienten dem Screening von (kardiovaskulären) Risikofaktoren. Gemäß des Labors „Labor Lademannbogen Hamburg“ wurden folgende Werte als Obergrenze des jeweiligen Referenzbereichs definiert: 200 mg/dl für Cholesterin, 150 mg/dl für Triglyceride und 7 mg/dl für Harnsäure bei Männern. Zusätzlich wurden die Stresshormone Adrenalin, Noradrenalin und Dopamin im 24-Stunden-Urin bestimmt. Erhöhte Stresshormone wurden definiert als Adrenalin >20 µg/Tag, Noradrenalin > 80 µg/Tag oder Dopamin >460 µg/Tag.

Die Grenze für arterielle Hypertonie wurde als erhöhter Blutdruck definiert (systolisch >140 mmHg oder diastolisch >90 mmHg) [17].

Belastungsergometrie: Chester step test

Der Chester step test ist ein mehrstufiger submaximaler Test zur Bestimmung der altersbedingten Ausdauerleistung [18, 19] mit einer sehr hohen Korrelation zum medizinischen Goldstandard der Spiroergometrie [20]. Der Test bestimmt den individuellen Sauerstoffverbrauch (VO₂) [21, 22].

Pupillometrie

Der Pupillographische Schläfrigkeitstest (PST) ist eine objektive Methode zur Aufzeichnung der Tagesmüdigkeit, indem spontane und unbewusste Pupillenschwingungen ohne Lichtreiz aufgezeichnet werden. Mit der Pupillometrie wurde unter Verwendung des AmTech Fit-For-Duty-Messgeräts die Pupillenbreite 11 Minuten lang kontinuierlich mit einer in Lichtschutzgläser integrierten Kamera aufgezeichnet und die Pupillenschwingungen ausgewertet. Das Ergebnis ist ein Pupilogramm, mit dem der Pupillenunruheindex (rPUI) abgeleitet werden kann, ein Parameter für die Varianz des Pupillendurchmessers. Basierend auf einem Referenzkollektiv wurden die Ergebnisse kategorisch als normal ($rPUI \leq 1,02$), grenzwertig $1,02 < rPUI \leq 1,53$ oder pathologisch ($> 1,53$) interpretiert [23, 24]. Eine

Zunahme der Tagesmüdigkeit wurde als Verschlechterung um mindestens eine Kategorie definiert. Der Pupillographische Schläfrigkeitstest ist eine zuverlässige Messung zur Beurteilung der Schläfrigkeit [25-27].

Fragebögen

Der RESTQ-work 27 wurde verwendet, um Belastung und Erholung bei der Arbeit aufzuzeichnen [28]. Der Berliner Fragebogen wurde angewendet, um das Risiko eines obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms (OSAS) zu bestimmen [29]. Nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin wurde die validierte Kurzfassung der "Abend-Morgen-Protokolle" auch zur Erfassung individueller Schlafpathologien (Schlafstagebuch) verwendet [30, 31]. Darüber hinaus erfasste die Resilienzskala (RS-13) die psychologische Resilienz als permanente individuelle Ressource [32]. Die RS-13 ist ein wirtschaftliches Messinstrument zur Messung der Belastbarkeit als Merkmalstabilität. Resilienz wird als Konstrukt angesehen, das konstitutionelle Persönlichkeitsmerkmale und Bewältigungsfähigkeiten umfasst [32]. Die RS-13 reagiert daher nicht empfindlich auf zeitliche Änderungen.

Statistische Auswertung

Die statistische Analyse wurde mit SPSS (Version 24, IBM Corporation) durchgeführt. Zusätzlich zu deskriptiven Statistiken (Mittelwert mit Standardabweichung (SD)) wurden parametrische (Student's T, Chi Square, Fisher Exact) und nicht parametrische Tests (Mann Whitney U, Friedman) verwendet. P-Werte unter 0,05 wurden als Fehlerwahrscheinlichkeit gewählt. Zunächst wurde ein separater Vergleich der Belastungs- und Beanspruchungsparameter zwischen dem Untersuchungszeitpunkt (prä- und postbört) durchgeführt. Anschließend wurden die Börtsysteme (ROS) verglichen. Das Odds Ratio (OR) und das angepasste OR (adjustiert nach Lotsenbrüderschaften und Alter) einschließlich 95% - Konfidenzintervallen wurden durch binäre logistische Regression berechnet.

2.3 Ergebnisse

Demographische Daten

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in demographischen Daten (Alter, Gewicht, BMI, Partnerschaft, Kinder) zwischen dem 1-wöchigen Börtsystem ($n = 12$) und 4-monatigen Börtsystem ($n = 48$), teilweise als Folge des Matchings (Tabelle 2). Trotzdem wurden im 4-Monats-Börtsystem mehr adipöse Lotsen ($BMI \geq 25$) gefunden. Darüber hinaus hatten letztere seltener einen Partner oder Kinder. Die Ergebnisse der RS-13 zeigten keine signifikanten Unterschiede, obwohl Lotsen des 4-Monats-Börtsystems häufig eine geringere Belastbarkeit hatten als ihre Kollegen.

Fragebögen und biometrische Daten

Keiner der Parameter zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen der Untersuchung prä- und postbört (Tabelle 3). Trotzdem zeigte sich ein Trend: In ihren Schlaftagebüchern postbört gaben die Lotsen an, subjektiv weniger leistungsfähig und angespannter (aktuelles Empfinden) zu sein. Die Schlafeffizienz war postbört auch tendenziell schlechter. Im Allgemeinen wurde eine verringerte Aktivität (weniger Schritte, längere Schlafzeit und Aufenthalt im Bett) postbört aufgezeichnet. Die Tagesmüdigkeit (rPUI) war erwartungsgemäß postbört höher. Darüber hinaus waren die Stresshormone Adrenalin und Dopamin im Urin postbört tendenziell höher.

Aufgrund fehlender signifikanter Unterschiede wurden Daten aus den Untersuchungszeitpunkten prä- und postbört zusammengefasst und die Börtsysteme verglichen. Es wurden signifikante Unterschiede festgestellt: Im RESTQ work-27 bewerteten Lotsen des 4-Monats-Börtsystems die subjektive Belastung als 10-mal höher (Tabelle 4). Bei Lotsen aus dem 4-Monats-Bört-System war die arterielle Hypertonie signifikant häufiger (OR 21,41 (95% CI 1,26-364,05)). Darüber hinaus traten häufiger erhöhte Blutwerte in Bezug auf Gesamtcholesterin (224,7 mg / dl gegenüber 199,4 mg/dl, $p = 0,038$), Triglyceride (220,9 mg/dl gegenüber 148,5 mg/dl, $p = 0,033$) und Harnsäure (6,1 mg/dl vs 5,6 mg/dl, $p = 0,038$). Insbesondere war das Risiko einer Hypertriglyceridämie erhöht (OR 4,41 (95% CI 1,15-16,91)). Insgesamt unterschied sich der PROCAM-Score zwischen beiden Börtsystemen nicht (33,4 Punkte gegenüber 33,3 Punkten). Weitere Blut- und Urinparameter (Stresshormone) zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Systemen.

Es wurden keine signifikanten Unterschiede in der subjektiven Bewertung der Schlaftagebücher oder in den Aktivitätsdaten (Schritte, körperliche Aktivität, Schlafdauer und Energieverbrauch) gefunden. In der Ergometrie zeigte die Mehrheit der Teilnehmer gute bis sehr gute Ergebnisse mit einem durchschnittlichen VO₂ von 44,4 ml O₂/kg/min ohne signifikante Unterschiede zwischen den Börtsystemen. Darüber hinaus wurden keine Unterschiede in der Tagesmüdigkeit festgestellt (rPUI > 1,02). Hier sind 4-Monats-Bört-Lotsen tendenziell müder als ihre Kollegen (rPUI präbört 0,88 gegenüber 0,80 und rPUI postbört 0,98 gegenüber 0,89), und mehr von ihnen zeigten eine Zunahme der Tagesmüdigkeit zwischen prä- und postbört (Verschlechterung um eine Kategorie: 20,8% gegenüber 16,7%). Der Berliner Fragebogen ergab bei 15 Lotsen (25%) Hinweise auf ein obstruktives Schlafapnoe-Syndrom. Hier wurden mehr OSAS-Risikofälle bei 4-Monats-Bört-Lotsen registriert, ohne ein signifikantes Niveau zu erreichen. Ein angepasster OR wurde berechnet, um bevölkerungsspezifische und altersspezifische Stressunterschiede festzustellen, wobei für keinen der untersuchten Parameter ein statistisch signifikanter Einfluss von Revier und Alter festgestellt werden konnte.

Die verschiedenen Arbeitsphasen während einer typischen Lotsung (z. B. Bootstransfer), die im Methodenteil dargestellt wurden, zeigten weder intraindividuell noch zwischen beiden Systemen signifikante Unterschiede in den Herzfrequenz- und Aktivitätsdaten.

Eine weitere Differenzierung der Daten prä und postbört ergab die folgenden signifikanten Unterschiede zwischen beiden Börtsystemen (4-Monats-Bört gegenüber 1-Wochen-Bört) im Gegensatz zu den Gesamtdaten in Tab. 2: Subjektive Leistung gemäß Schlaftagebuch (präbört: 2,5 vs 2,0, p = 0,042; und postbört: 2,3 vs 1,7, p = 0,029), Schlafdauer tagsüber (postbört: 36,8 min vs 62,7 min, p = 0,032) und aktuelles subjektives Empfinden (postbört: 4,2 vs 5,0, p = 0,036).

2.4 Diskussion

Der Arbeitsschutz von Lotsen wurde bisher kaum untersucht und die bestehenden älteren Studien zu dieser Berufsgruppe deuten auf ein hohes Maß an psychophysischer Belastung und Beanspruchung hin, insbesondere auf ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Im Vergleich zur deutschen Allgemeinbevölkerung kann den Lotsen jedoch ein ähnliches (geringes) kardiovaskuläres Risiko zugeschrieben werden (4,9% gegenüber 2,9% gemäß dem

Prospective Cardiovascular Munster Study (PROCAM) -Score [33-36]. Dies bestätigt die Ergebnisse einer früheren Studie zum Gesundheitszustand schottischer Lotsen zwischen 1988 und 2012, was darauf hinweist, dass die Anzahl der kardiovaskulären Risikofaktoren von Lotsen im Vergleich zu älteren Studien gesunken ist (auch als Folge des beschriebenen niedrigeren Nikotin- und Alkoholkonsums) [37]. Die Ergebnisse der Ergometrie zeigten sogar eine überdurchschnittliche kardiovaskuläre Leistung [19]. Die geschätzte relativ hohe Resilienz der Lotsen (Mittelwert 74 gegenüber 70 in vergleichbarer Population) [32] stimmt mit den Ergebnissen in der Ergometrie überein.

In der Pupillometrie wurden bei Seelotsen mehr Anzeichen von Schläfrigkeit gefunden als in der allgemeinen Bevölkerung an Land (30% gegenüber 13%) [23, 24], jedoch ähnliche Ergebnisse im Vergleich zu anderen Berufsbereichen mit erhöhter Müdigkeit (LKW-Fahrer, Busfahrer und Schichtarbeiter: 30% -35%) [38, 39]. Das geschätzte Risiko eines obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms war ebenfalls höher als in der Allgemeinbevölkerung (25% gegenüber 10%) [40], jedoch vergleichbar mit dem Risiko von LKW-Fahrern (30%) [38, 41, 42]. Insgesamt scheint es im Vergleich zu geeigneten Referenzgruppen ein ähnlich hohes ermüdungsbedingtes Gesundheitsrisiko für Lotsen zu geben [43]. Daher werden Gegenmaßnahmen empfohlen, z. B. Schulungen zum Anti-Müdigkeits-Management. In einer früheren Studie aus dem Jahr 1984 wurde ein vermutlich stressbedingter Anstieg der Herzfrequenz während des Transfers von Lotsen von Lotsenbooten auf Schiffe berichtet [44]. Dies konnte in dieser Studie nicht bestätigt werden. Eine mögliche Erklärung unabhängig vom Börtsystem ist z.B. das derzeit erleichterte Transfermanöver im Vergleich zur Arbeitssituation von 1980 (durch bessere und stabilere Transferboote) oder eine optimierte Vorbereitung auf den bevorstehenden Dienst mit innovativer Informationstechnologie, die Informationen sowohl über das Schiff als auch über die aktuellen Wetterbedingungen liefert.

Beim Vergleich von Daten prä- und postbört wurde in dieser Studie keine signifikante arbeitsbedingte Belastung beobachtet, obwohl es einen Trend gab. Dieser Trend deutet darauf hin, dass Lotsen im Verlauf ihrer Bört Anzeichen von Müdigkeit zeigten: Zum Beispiel postbört: Es wurde eine leichte Abnahme der subjektiven Leistung und eine Zunahme der Anspannung festgestellt - entsprechend einer objektiv messbaren leichten Abnahme der Schlafeffizienz. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass 4-Monats-Bört-Lotsen tendenziell adipöser waren, weniger Beziehungen und weniger

Kinder hatten. Dieser Trend könnte darauf hinweisen, dass eine konstante Bört von 4 Monaten die Beziehungen und die Familienplanung beeinträchtigt.

Es gab signifikante Unterschiede in der beruflichen Belastung im Vergleich zwischen beiden Börtsystemen. Der durchschnittliche Energieverbrauch pro Tag von mehr als 13.000 kJ entspricht einem höheren Energieumsatz (ca. 9.260 kJ/Tag bei einer mäßig aktiven 40-jährigen Person) [45]. Die durchschnittliche Schlafdauer von etwa 6,5 Stunden pro Tag wird als niedrig angesehen (6-8 Stunden pro Tag bei einer vergleichbaren männlichen Allgemeinbevölkerung) [46]. Die Berechnung des adjustierter Odds Ratio ergab keine revierspezifischen oder altersabhängigen Unterschiede. Dies deutet darauf hin, dass die aufgezeichnete Belastung und Beanspruchung repräsentativ und unabhängig vom Alter waren.

Aufgrund längerer Arbeitseinsätze an einem Stück scheinen die 4-Monats-Bört-Lotsen messbar höher belastet zu sein, was sich an einer erhöhten subjektiven Beanspruchung messen lässt (RESTQ-work 27) und schlechteren subjektiven Bewertungen in Schlaftagebüchern (Leistung prä- und postbört, postbört, Schlafdauer während des Tages und aktuelle Anspannung postbört). In Übereinstimmung mit diesen Befunden waren bei 4-Monats-Bört-Lotsen eine höhere Zahl an arterieller Hypertonie und erhöhten Blutfettwerten festzustellen. Die in Interviews berichtete Arbeitsdauer und Einschränkung der Freizeitplanung können zu einem ungesunden Lebensstil mit geistigem Ausgleichsverhalten ("Stressessen") führen und möglicherweise für die schlechteren biometrischen Daten dieser Lotsen verantwortlich sein [47].

2.5 Limitationen

Die zuvor durchgeföhrten Studien zur Belastung und Beanspruchung von Lotsen haben bereits eine schwierige Zugänglichkeit oder geringe Bereitschaft zur Teilnahme beschrieben, die zu kleinen Stichproben (Mittelwert n = 74, Range 1-434) wie in dieser Studie geföhrt haben [2]. Aufgrund der geringen Anzahl von Probanden in dieser Untersuchung kann eine Verzerrung (Unsicherheit hinsichtlich der Repräsentativität dieser Studienpopulation aufgrund der geringen Teilnahmequote von Freiwilligen) als Einschränkung dieser Studie nicht ausgeschlossen werden. Darüber hinaus sollte bei der Interpretation der Ergebnisse ein möglicher "Healthy worker Effekt" berücksichtigt werden, der zu einer Unterschätzung des Belastungs- und Beanspruchungsniveaus führen könnte.

Weiterhin müssen Einschränkungen der verwendeten Instrumente berücksichtigt werden: Das tragbare Gerät bietet keine Informationen über die Schlafarchitektur. Es eignet sich besser zur Messung der Bettruhe [48]. Darüber hinaus kann das Gerät die Schlafeffizienz aufgrund einer ungenauen Aufzeichnung der Liegezeit unterschätzen. Die Pupillometrie ist als Screening-Test für Schläfrigkeit noch nicht zuverlässig. Eine weitere Analyse des Schlafes kann nur durch Polysomnographie in Schlaflabors ausgewertet werden [49]. Es gibt noch interessante Aspekte für die weitere Forschung und statistische Analyse (z. B. Untersuchung innerhalb von Gruppen über die im Operationsbericht angegebenen Zeiträume hinweg, um subtile Veränderungen aufzuzeichnen (z. Nacht gegen Tag, Tag zu Tag usw.) und um Unterschiede in der Art der Arbeit der Piloten festzustellen. Dennoch beschreibt diese einzigartige Studie den Stress und die Belastung der aktuellen Seepiloten unter Verwendung einer Vielzahl zuverlässiger und ausgefeilter Methoden und analysiert deren Einfluss Rotationssystem unter Belastung.

2.6 Aussicht

Die Ergebnisse geben Hinweise auf systemspezifische unterschiedliche Belastungen und Beanspruchungen. Die Ergebnisse der 1-Wochenbört-Lotsen deuten auf eine statistisch signifikant niedrigere Beanspruchung im Vergleich der unterschiedlichen Börtsysteme trotz eventueller Spitzenbelastungen während der Bört hin. Das Börtsystem hat demzufolge einen erheblichen Einfluss auf das Ausmaß der Gesamtbeanspruchung von Lotsen. Hinweise auf eine börtbezogene Beanspruchung konnten in mehreren Parametern aufgezeigt werden. Aus den Ergebnissen der Studie konnte kein wesentlich erhöhtes Gesundheitsrisiko im Lotsenberuf identifiziert werden. Dennoch sind Bereiche möglicher Überforderung erkennbar. Hierzu können keine hinreichenden medizinischen Daten aus der Studie herangezogen werden, wenngleich diese Überforderung in der Literatur bereits mehrfach beschrieben worden ist [2].

Die Dauer und Intensität der mehrwöchigen Arbeitsintervalle scheinen einen signifikanten Einfluss auf die Beanspruchung der Lotsen zu haben: Lotsen, die in einem 4-Monats-Börtsystem arbeiten, haben ein höheres Beanspruchungsniveau als Lotsen in einem 1-Wochen-Börtsystem. Es erscheint notwendig, das Börtsystem auf ein kürzeres und besser vorhersehbares und familienkompatibleres Arbeitssystem

umzustellen. Ein bereits eintretender Paradigmenwechsel im Lotsenwesen soll in die langfristige Planung einbezogen werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie machen einen Interventionsbedarf auf unterschiedlichen Ebenen deutlich.

I. Reduzierung kardiovaskulärer Risikofaktoren durch Änderung des Lifestyles (mit Schulungsangeboten):

- a. Nahrungsumstellung gemäß Leitlinie der Deutschen Adipositas-Gesellschaft e.V. zur „Prävention und Therapie der Adipositas“ [50],
- b. Motivation zu gelegentlicher sportlicher Betätigung gemäß WHO-Empfehlung von 150 Minuten moderaten Sport pro Woche.
- c. Schulungsseminare zum Thema Schlaf und Schlafhygiene mit vermehrtem Einsatz von Powernapping und
- d. Screening auf Schlafapnoe-Syndrom bei festgestelltem erhöhten Risiko.

II. Änderung der Arbeits-/Einsatzzeit: Aufgrund des freiberuflichen Status von Lotsen finden gesetzliche Regelungen, wie das Arbeitsschutzgesetz und das Arbeitszeitgesetz, das für Arbeitnehmer gilt, häufig keine Anwendung.

Eine Begrenzung der Arbeitszeit könnte erfolgen durch Einführung von Ruhezeiten oder Zeitlimits, nach dessen Ablauf der Lotse kein Schiff mehr lotsen darf. Hier muss eine Vereinbarkeit mit dem Grundsatz der „ständigen Verfügbarkeit“ durch die einzelnen Lotsenbrüderschaften sichergestellt werden [47].

III. Zu erwartendes Nachwuchsproblem lösen:

Es sollten Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung des Lotsenberufes erfolgen, um dem erwartbaren Nachwuchsproblem in diesem Berufsstand entgegenzuwirken [47].

Diese Interventionen sollten in Zukunft durch Folgestudien überprüft und bei Bedarf kontinuierlich optimiert werden.

2.7 Literaturverzeichnis

1. Darbra RM, Crawford JFE, Haley CW, Morrison RJ. Safety culture and hazard risk perception of Australian and New Zealand maritime pilots. *Marine Policy*. 2007; 31(6):736–45.
2. Main LC, Chambers TP. Factors affecting maritime pilots' health and well-being: a systematic review. *International Maritime Health*. 2015; 66(4):220–32. <https://doi.org/10.5603/IMH.2015.0043> PMID: 26726893.
3. Cook TC, Shipley P. Human factors studies of the working hours of UK ship's pilots. Part 1: A field study of fatigue. *Applied Ergonomics*. 1980; 11(2):85–92. PMID: 15676378.
4. Ferguson SA, Lamond N, Kandelaars K, Jay SM, Dawson D. The impact of short, irregular sleep opportunities at sea on the alertness of marine pilots working extended hours. *Chronobiology International*. 2008; 25(2):399–411. <https://doi.org/10.1080/07420520802106819> PMID: 18484370.
5. Chambers TP, Main LC. Symptoms of fatigue and coping strategies in maritime pilotage. *International Maritime Health*. 2015; 66(1):43–8. <https://doi.org/10.5603/IMH.2015.0011> PMID: 25792167.
6. Meere K, Van Damme J, Van Sprundel M. Occupational injuries in Flemish pilots in Belgium. A questionnaire survey. *International Maritime Health*. 2005; 56(1–4):67–77. PMID: 16532586.
7. Geister R, Seifert R, Zorn E. Determination of psychological stress in sea pilot based on urinary catecholamine excretion. *Zentralblatt Arbeitsmedizin Arbeitsschutz Prophylaxe Ergonomie*. 1980; 30 (12):458–63.
8. Zorn EW, Harrington JM, Goethe H. Ischemic heart disease and work stress in West German sea pilots. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 1977; 19(11):762–5.
9. Harrington JM. Mortality from coronary artery disease of English Channel and Hamburg pilots. *Transactions of the Society of Occupational Medicine*. 1972; 22(1):19–23. PMID: 5021433.
10. Zorn E, Geister R. Occupational stress and cardiac mortality of German sea-pilots in 1945–1973. *Zentralblatt Arbeitsmedizin Arbeitsschutz Prophylaxe* 1977; 27(8):185–94.
11. Nystrom L, Kolmodin-Hedman B, Jonsson E, Thomasson L. Mortality from circulatory diseases, especially ischaemic heart disease in sea pilots and boatmen in Sweden 1951–84: a retrospective cohort study. *British Journal of Industrial Medicine*. 1990; 47(2):122–6. <https://doi.org/10.1136/oem.47.2.122> PMID: 2310716.
12. Dalhamn T. The incidence of peptic ulcer and chronic gastritis among Swedish sea pilots. *British Journal of Industrial Medicine*. 1953; 10(3):157–60. <https://doi.org/10.1136/oem.10.3.157> PMID: 13081924.
13. Shipley P, Cook TC. Human factors studies of the working hours of UK ships' pilots. Part 2: A survey of work-scheduling problems and their social consequences. *Applied Ergonomics*. 1980; 11(3):151–9. PMID: 15676383.

14. Rutledge P. A comparison of health data from River Forth pilots in Scotland in 1988 and 2012. *International Maritime Health*. 2014; 65(2):43–6. <https://doi.org/10.5603/IMH.2014.0010> PMID: 25231323.
15. Gruwez A, Libert W, Ameye L, Bruyneel M. Reliability of commercially available sleep and activity trackers with manual switch-to-sleep mode activation in free-living healthy individuals. *International Journal of Medical Informatics*. 2017; 102:87–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.03.008> PMID: 28495352.
16. Kolling S, Wiewelhove T, Raeder C, Endler S, Ferrauti A, Meyer T, et al. Sleep monitoring of a six-day microcycle in strength and high-intensity training. *European Journal of Sport Science*. 2016; 16(5):507– 15. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1041062> PMID: 26062597.
17. Williams B, Mancia G, Spiering W, Agabiti Rosei E, Azizi M, Burnier M, et al. ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. *Journal of Hypertension*. 2018; 36(10):1953–2041. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000001940> PMID: 30234752.
18. Sykes K. Chester Step Test. *Occupational Medicine*. 2018; 68(1):70–1.
19. Sykes K, Roberts A. The Chester step test—a simple yet effective tool for the prediction of aerobic capacity. *Physiotherapy*. 2004; 90(4):183–8.
20. Buckley JP, Sim J, Eston RG, Hession R, Fox R. Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise. *British Journal of Sports Medicine*. 2004; 38(2):197–205. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.005389> PMID: 15039259.
21. Molloy MS, Robertson CM, Ciottone GR. Chester step test as a reliable, reproducible method of assessing physical fitness of disaster deployment personnel. *The Southern Medical Journal*. 2017; 110 (8):494–6. <https://doi.org/10.14423/SMJ.000000000000676> PMID: 28771644.
22. Latin RW, Berg K, Kissinger K, Sinnett A, Parks L. The accuracy of the ACSM stair-stepping equation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001; 33(10):1785–8.
23. Wilhelm B, Körner A, Heldmaier K, Moll K, Wilhelm H, Lüdtke H. Normwerte des pupillographischen Schläfrigkeitstests für Frauen und Männer zwischen 20 und 60 Jahren. *Somnologie*. 2001; 5(3):115– 20.
24. Wilhelm BJ. Pupillography for the assessment of driver sleepiness. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2008; 225(9):791–8. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1027453> PMID: 18759210.
25. Maccora J, Manousakis JE, Anderson C. Pupillary instability as an accurate, objective marker of alertness failure and performance impairment. *Journal of Sleep Research*. 2018:e12739. <https://doi.org/10.1111/jsr.12739> PMID: 30062813.
26. Wilhelm B, Bittner E, Hofmann A, Koerner A, Peters T, Lüdtke H, et al. Short-term reproducibility and variability of the pupillographic sleepiness test. *American Journal of Human Biology*. 2015; 27(6):862– 6. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22726> PMID: 25994239.
27. Eggert T, Sauter C, Popp R, Zeitlhofer J, Danker-Hopfe H. The pupillographic sleepiness test in adults: Effect of age, gender, and time of day on pupillometric

- variables. American Journal of Human Biology. 2012; 24(6):820–8. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22326> PMID: 23012225.
28. Kallus KW. RESTQ-Basic: The general version of the RESTQ. Kallus MK K. W., editor. Frankfurt: Pearson; 2016.
29. Senaratna CV, Perret JL, Matheson MC, Lodge CJ, Lowe AJ, Cassim R, et al. Validity of the Berlin questionnaire in detecting obstructive sleep apnea: A systematic review and meta-analysis. Sleep Medicine Reviews. 2017; 36:116–24. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2017.04.001> PMID: 28599983.
30. Hoffmann RM, Müller T, Hajak G, Cassel W. Arbeitsgruppe Diagnostik der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin. Abend-Morgenprotokolle in Schlafforschung und Schlafmedizin— Ein Standardinstrument für den deutschsprachigen Raum. Somnologie. 1997; 1(3):103–9.
31. Pearse P. Use of the sleep diary in the management of patients with insomnia. Australian Family Physician. 1993; 22(5):744–8. PMID: 8517818.
32. Leppert KB, Brähler E, Straß B. Die Resilienzskala (RS) - Überprüfung der Langform RS-25 und einer Kurzform RS-13. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht GmbH & Co. KG; 2008.
33. Neuhauser HK, Adler C, Rosario AS, Diederichs C, Ellert U. Hypertension prevalence, awareness, treatment and control in Germany 1998 and 2008–11. Journal of Human Hypertension. 2015; 29 (4):247–53. <https://doi.org/10.1038/jhh.2014.82> PMID: 25273858.
34. Scheidt-Nave C, Du Y, Knopf H, Schienkiewitz A, Ziese T, Nowossadeck E, et al. Prevalence of dyslipidemia among adults in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS 1). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2013; 56(5–6):661–7.
<https://doi.org/10.1007/s00103-013-1670-0> PMID: 23703484.
35. Assmann G, Cullen P, Schulte H. Simple scoring scheme for calculating the risk of acute coronary events based on the 10-year follow-up of the prospective cardiovascular Munster (PROCAM) study. Circulation. 2002; 105(3):310–5. <https://doi.org/10.1161/hc0302.102575> PMID: 11804985.
36. Silber S, Jarre F, Pittrow D, Klotsche J, Pieper L, Zeiher AM, et al. Kardiovaskuläre Risikoabschätzung in der Hausarztpraxis (DETECT). Medizinische Klinik. 2008; 103(9):638–45. <https://doi.org/10.1007/s00063-008-1103-2> PMID: 18813887.
37. Watanabe K, Sakuraya A, Kawakami N, Imamura K, Ando E, Asai Y, et al. Work-related psychosocial factors and metabolic syndrome onset among workers: a systematic review and meta-analysis. Obesity Reviews. 2018; 19(11):1557–68. <https://doi.org/10.1111/obr.12725> PMID: 30047228.
38. Cassel W. Häufigkeit von Tagesschlaftrigkeit bei Berufskraftfahrern—eine Felduntersuchung. Somnologie. 2007; 11(1).
39. Peters T, Gruner C, Durst W, Hutter C, Wilhelm B. Sleepiness in professional truck drivers measured with an objective alertness test during routine traffic controls. International Archives of Occupational and Environmental Health. 2014; 87(8):881–8. <https://doi.org/10.1007/s00420-014-0929-6> PMID: 24514896.

40. McNicholas WT, Rodenstein D. Sleep apnoea and driving risk: the need for regulation. *European Respiratory Review*. 2015; 24(138):602–6. <https://doi.org/10.1183/16000617.0049-2015> PMID: 26621974.
41. Garbarino S, Guglielmi O, Campus C, Mascialino B, Pizzorni D, Nobili L, et al. Screening, diagnosis, and management of obstructive sleep apnea in dangerous-goods truck drivers: to be aware or not? *Sleep Medicine*. 2016; 25:98–104. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.05.015> PMID: 27823725.
42. Berger M, Varvarigou V, Rielly A, Czeisler CA, Malhotra A, Kales SN. Employer-mandated sleep apnea screening and diagnosis in commercial drivers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2012; 54(8):1017–25. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3182572e16> PMID: 22850349.
43. Mayer G, Arzt M, Braumann B, Ficker JH, Fietze I, Froehnhofer H, et al. German S3 guideline nonrespiratory sleep/sleep disorders, chapter “sleep-related breathing disorders in adults”, short version: German Sleep Society (Deutsche Gesellschaft für Schlaforschung und Schlafmedizin, DGSM). *Somnologie*. 2017; 21(4):290–301. <https://doi.org/10.1007/s11818-017-0136-2> PMID: 29213210.
44. Szadkowski D, Weipkema W, Lehnert G. Belastung und Beanspruchung von Seelotsen beim An- und Vonbordgehen. *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Präventivmedizin*. 1984; 19(5):101–7.
45. German Nutrition Society (Deutsche Gesellschaft für Ernährung, DGE). New reference values for energy intake. *Annals of Nutrition & Metabolism*. 2015; 66(4):219–23.
46. Schlack R, Hapke U, Maske U, Busch M, Cohrs S. Frequency and distribution of sleep problems and insomnia in the adult population in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2013; 56(5–6):740–8. <https://doi.org/10.1007/s00103-013-1689-2> PMID: 23703493.
47. Barbarewicz F, Oldenburg M, Jensen JH. Endbericht Maritime Pilot Occupational Study of Stress and Strain (MarPOSS-Studie). Hamburg. Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, 2018.
48. Lee JM, Byun W, Keill A, Dinkel D, Seo Y. Comparison of wearable trackers' ability to estimate sleep. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15; 15(6). pii: E1265. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061265> PMID: 29914050.
49. Yamamoto K, Kobayashi F, Hori R, Arita A, Sasanabe R, Shiomi T. Association between pupillometric sleepiness measures and sleep latency derived by MSLT in clinically sleepy patients. *Environ Health Prev Med*. 2013; 18(5):361–7. <https://doi.org/10.1007/s12199-013-0331-0> PMID: 23420264.
50. Hauner H, Moss A, Berg A, Bischoff SC, Colombo-Benkmann M, Ellrott T, Heintze C, Kanthak U, Kunze D, Stefan N, Teufel M, Wabitsch M, Wirthet A (2014). Interdisziplinäre Leitlinie der Qualität S3 zur „Prävention und Therapie der Adipositas“. *Adipositas Ursachen, Folgeerkrankungen, Therapie* 8(4):179–221.

<http://www.bundeslotsenkammer.de/seelotswesen/lotsenbruederschaften/index.html>
besucht am 09.03.2018 um 10:02 Uhr.

3. Zusammenfassung

Einleitung

Lotsen arbeiten in einem unregelmäßigen Einsatzsystem (Börtsystem) mit unvorhersehbaren Arbeitseinsätzen und sind dabei hohen physischen und psychischen Belastungen ausgesetzt. Dieses kann akut zu Übermüdung („Fatigue“) sowie chronisch zu manifesten Erkrankungen wie z.B. koronare Herzerkrankungen, peptische Ulzera und Gastritiden führen. Dadurch kann langfristig die Leistungsfähigkeit der Lotsen eingeschränkt sein. In der Studie soll die aktuelle Belastung und Beanspruchung von Lotsen untersucht werden.

Material und Methoden

Initial wurden alle deutschen Lotsen in einem Online-Fragebogen zu ihrer Lebens- und Arbeitssituation befragt. Anschließend erfolgte eine medizinisch-psychologische Untersuchung einer Stichprobe, wobei die Lotsen mit einem zusammenhängenden Arbeitseinsatz von 4 Monaten (4-Monatsbört) denen mit einwöchigen Arbeitseinsätzen (1-Wochenbört) gegenübergestellt wurden. Die meisten Messungen wurden zum Anfang und zum Ende eines zusammenhängenden Arbeitseinsatzes durchgeführt. Untersucht wurden kardiovaskuläre Parameter (in Ruhe und unter ergometrischer Belastung), Aktivitäts- und Blutparameter, Stresshormone im Urin, sowie der Pupillenunruheindex, ergänzt durch psychologische Fragebögen (EBF-work 27, Resilienzskala RS-13, Berlin Questionnaire).

Ergebnisse

Es wurden 60 Lotsen mit einem Durchschnittsalter von 48,7 Jahren (SD 8,3 Jahre) untersucht. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den untersuchten Parametern zwischen den Untersuchungszeitpunkten prä- und postbört. Lotsen mit einem 4-Monats-Börtsystem hatten im RESTQ work-27 ein viel höheres subjektives Belastungsniveau (OR 10,12 (95% CI 1,21-84,59)). Gemäß den Schlaftagebüchern der Lotsen, die in einem 4-Monats-Börtsystem arbeiten, wurden reduzierte Werte in Bezug auf das subjektive Leistungsniveau prä- und postbört ($p = 0,042$ und $0,029$), die subjektive Schlafdauer ($p = 0,032$) und das aktuelle subjektive Empfinden postbört gefunden ($p = 0,036$). Die arterielle Hypertonie war bei Lotsen, die jeweils 4 Monate arbeiteten, signifikant häufiger (OR 21,41 (95% CI 1,26-364,05)). Darüber

hinaus waren erhöhte Spiegel an Gesamtcholesterin, Triglyceriden und Harnsäure bei dieser Gruppe von Lotsen häufiger ($p = 0,038$, $p = 0,033$ und $p = 0,038$). Insbesondere war das Risiko einer Hypertriglyceridämie erhöht (OR 4,41 (95% CI 1,15-16,91)).

Diskussion

Der Lotsenberuf stellt eine bisher wenig untersuchte, vielfältig beanspruchte Berufsgruppe dar, die unregelmäßigen, überwiegend in der Nacht und bei jeder Wetterlage stattfindenden und unzureichend planbaren Arbeitseinsätzen ausgesetzt ist. Die vorliegenden Ergebnisse weisen darauf hin, dass die 4-Monatsbört zu einer subjektiv und objektiv höheren Beanspruchung als die 1-Wochenbört führt. Daher sind Interventionsmaßnahmen im Sinne einer Änderung des Börtsystems und der Ernährungsumstellung zu empfehlen.

4. Summary

Introduction

Maritime pilots work in an irregular deployment system (rotation system) with unpredictable work assignments under high levels of physical and mental stress. Fatigue or chronic diseases, e.g. coronary heart disease, peptic ulcers or gastritis can occur as a consequence. This can lead to long-term limitations of pilots' work ability. The aim of this study is to analyse current stress and strain in maritime pilots.

Methods

Initially, all German pilots were interviewed with an online questionnaire about their living and working situation (response rate 43%). Subsequently, a medical and psychological examination of a random sample was carried out with pilots working in a 4-month rotation system compared with those working in a 1-week system. Most of the measurements took place at the beginning and the end of continuous work assignments each lasting several weeks (pre vs post-rotation). The questionnaires RESTQ-work 27, Resilience Scale RS-13 and Berlin Questionnaire were used as well as a sleeping diary. Furthermore, cardiovascular parameters (during rest and under ergometric stress), activity and blood parameters, urine stress hormones, and the pupillary unrest index were surveyed.

Results

60 pilots were recorded with an average age of 48.7 years (SD 8.3 years). Among the parameters collected, there were no significant differences between pre and post-rotation examinations. Pilots with a 4-month rotation system experienced a much higher subjective strain level in RESTQ work-27 (OR 10.12 (95% CI 1.21-84.59)). According to the sleep diaries of the pilots working in a 4-month rotation system, reduced levels were found concerning the pre and post-rotation subjective performance level ($p = 0.042$ and 0.029), subjective sleep duration ($p = 0.032$) and current subjective feeling post-rotation ($p = 0.036$). Objectively measured arterial hypertension was significantly more frequent among pilots working 4 months at a time (OR 21.41 (95% CI 1.26-364.05)). In addition, elevated levels of total cholesterol, triglycerides and uric acid were more common among this group of pilots ($p = 0.038$, $p = 0.033$ and $p = 0.038$). In particular, the risk of hypertriglyceridemia was increased (OR 4.41 (95% CI 1.15-16.91)).

Discussion

Maritime pilotage represents a very straining profession that has been studied very little up to this point. The present results indicate that 4-month rotation systems lead to higher levels of subjective and objective strain than 1-week rotation systems. Interventions are therefore recommended; especially a change in the rotation system should be considered.

5. Erklärung des Eigenanteils an der Publikation

Hiermit erkläre ich, Dr. med. Filip Barbarewicz, dass ich die Dissertation „Psychophysische Belastung und Beanspruchung von See- und Hafenlotsen in Deutschland.“ selbstständig verfasst und an allen Teilen der Publikation mitgearbeitet habe.

Bei der Durchführung der Arbeit hatte ich folgende Hilfestellungen:

Studienleitung: PD Dr. med. Marcus Oldenburg

Projektentwurf, Dateninterpretation, Korrektur: PD Dr. med. Marcus Oldenburg, Prof. Dr. rer. pol. Dipl.-Psych. Hans-Joachim Jensen, Prof. Dr. med. Volker Harth:

6. Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn PD Dr. med. Marcus Oldenburg für die Überlassung des Themas, die hervorragende Betreuung, die Motivation und Unterstützung zu wirklich jeder Zeit.

Ich danke Herrn Prof.Dr. rer. pol. Dipl.-Psych. Hans-Joachim Jensen für die sehr interessanten Gespräche, die Beratung und Unterstützung insbesondere der psychologischen Aspekte.

Herrn Prof Dr. med. Volker Harth danke ich für die Möglichkeit, an dieser Arbeit arbeiten zu dürfen.

Ich bedanke mich bei der Bundeslotsenkammer, den teilnehmenden Lotsenbrüderschaften und allen untersuchten Lotsen, die diese Arbeit ermöglicht haben.

Zu guter letzt spreche ich meinen Dank meiner liebevollen Frau Imren und meiner Mutter aus, die mich während der gesamten Arbeit unterstützt haben.

7. Lebenslauf

Lebenslauf wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt.

8. Eidestattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift:

Dr. med. Filip Barbarewicz