

Aus der Universitäts- Augenklinik Tübingen
Abteilung: Augenheilkunde II
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Zrenner

**Objektivierung der Schläfrigkeit am Arbeitsplatz unter
besonderen Schichtbedingungen**

Inaugural- Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

Der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

Vorgelegt von
Anja Widmann
aus
Bad Homburg v.d.H

2007

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Privatdozentin Dr. B. Wilhelm

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. A. Luft

Meinen Eltern
Gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1. Einleitung	3
1.1. Schläfrigkeit und Schichtarbeit	3
1.2. Ziele einer ersten arbeitsmedizinischen Studie mit objektiver Müdigkeitserfassung im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Gesundheit, Ernährung und Verbraucherschutz (StMGEV)	6
1.3. Schläfrigkeitwellen der Pupille	7
1.3.1. Definition der Schläfrigkeitwellen der Pupille	7
1.3.2. Anatomie und Physiologie der Pupille	8
1.3.3. Die zentrale Hemmung des Parasympathikus	9
1.3.4. Entstehung von Schläfrigkeitwellen	10
2. Methoden und Material	11
2.1. Probanden	11
2.1.1. Studienpopulation	11
2.1.2. Rekrutierung der Probanden	11
2.1.3. Beschreibung der Arbeitsfelder der Zielgruppen	13
2.1.4. Einschlusskriterien	14
2.1.5. Ausschlusskriterien	14
2.1.6. Fallzahlschätzung	15
2.2. Studienaufbau	15
2.2.1. Zeitbedarf und Einteilung	15
2.2.2. Zeitrahmen und Außentemperatur	16
2.3. Untersuchungsmethoden	18
2.3.1. Messaufbau: Testbeschreibung des Pupillographischen Schläfrigkeitstests (PST)	18
2.3.2. Vor- und Rahmenbedingungen der Messung	21
2.3.3. Basisuntersuchung der Pupillen	22
2.3.4. Studienablauf	22
2.3.5. Befragung der Probanden	25
2.3.6. Vorgehen bei auffälligen Befunden	25
2.3.7. Die subjektiven Skalen	26
2.4. Definition der Zielkriterien, Analyseverfahren, Darstellungen	28
3. Ergebnisse	29
3.1. Ergebnisse Klinikum Kempten	29
3.1.1. Beschreibung der untersuchten Gruppe	29
3.1.2. Ausgewertete Parameter und Beziehungen	30
3.1.3. Dienstbeginn am Vortag	30
3.1.4. Normale Nachtschlafdauer	30
3.1.5. Schlafdauer vor der Messung (Tag- und Nachtschicht)	31
3.1.6. Schlafzeit in der Nachtschicht vor der Messung	31
3.1.7. Schlafdefizit	32
3.1.8. Vergleich des Schlafdefizits unter Nacht- gegenüber Tagdienstbedingung	32
3.1.9. Wachzeit vor der PST-Messung	33
3.1.10. Vergleich der Wachzeit vor PST-Messung unter Nacht- gegenüber Tagdienstbedingung	33
3.1.11. Verteilung des InPUI aller Messungen	34

3.1.12. Unterschiede InPUI zwischen Tag- und Nachtdienst	35
3.1.13. Besondere Hinweise bei ein- oder zweimaligem auffälligem Befund	35
3.1.14. Subjektive Schläfrigkeit (SSS)	36
3.1.15. Vergleich subjektive Schläfrigkeit (SSS) Nachtschicht mit Tagschicht	36
3.1.16. Subjektive Schläfrigkeit (VAS)	37
3.1.17. Vergleich subjektive Schläfrigkeit (VAS) Nachtschicht mit Tagschicht	37
3.1.18. Korrelationen	38
3.1.19. Dienstbeginn am Vortag	39
3.2. Ergebnisse Baustelle U3 Olympiapark München	40
3.2.1. Ausgewertete Parameter und Beziehungen	40
3.2.2. Beschreibung der untersuchten Gruppe	40
3.2.3. Nachtschlafdauer	41
3.2.4. Verteilung des InPUI aller Messungen	41
3.2.5. Vergleich des InPUI zu den drei Messzeiten	42
3.2.6. Anteile extrem schläfriger Messungen	42
3.2.7. Einschlafen während der PST-Messung	43
3.2.8. PUI in Abhängigkeit vom Abstand zur Freiwoche	43
3.2.9. Subjektive Schläfrigkeit (VAS)	43
3.2.10. Vergleich subjektive Schläfrigkeit (VAS) zu den drei Messzeiten	44
3.2.11. Korrelationen	44
4. Diskussion	45
4.1. Zur vorliegenden Studie	45
4.2. Einflüsse auf Messergebnisse beider Studienarme	45
4.3. Studienarm Kempten:	46
4.3.1. Methodische Besonderheiten und Probandenselektion	46
4.3.2. Schläfrigkeit durch Nachtdienst	46
4.4. Studienarm München:	48
4.4.1. Besondere Rahmenbedingungen	48
4.4.2. Schläfrigkeit nach 8 und 12 Stunden Schichtarbeit unter Tage ...	48
4.5. Arbeitszeitregelungen und Gesetze	49
5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	51
6. Literatur	53
Danksagung	59

1. Einleitung

1.1. Schläfrigkeit und Schichtarbeit

Schläfrigkeit wird von Expertenseite seit Jahren als Problem und Gefahrenquelle benannt (Åkerstedt 1995a; Åkerstedt 1995b; Beermann 1997). Auch bei dem Reaktorunfall des Atomkraftwerkes "Three Miles Island" in Harrisburg, USA, und der Schiffshavarie der "Exxon Valdez" vor der Küste Alaskas stellten sich Müdigkeit und unzureichender Schlaf als mitverursachende Faktoren heraus. Die Kosten, die der Gesellschaft durch schlafbezogene Unfälle entstehen, sind enorm. Deshalb bedarf es einer genauen Untersuchung der Schläfrigkeit selbst und ihrer auslösenden Faktoren, um daraus sinnvolle und wirksame und wirksame Maßnahmen zur Verbesserung des Arbeitsschutzes ableiten zu können. Die meisten Studien zur Auswirkung von Schichtarbeit kommen aus skandinavischen Länder, wo man traditionell der Arbeitssituation große Aufmerksamkeit widmet (Sallinen et al., 1998; Sallinen et al., 2003)

Schläfrigkeit ist die häufigste Unfallursache im Straßenverkehr und steht dabei noch vor Alkohol oder Drogen (Åkerstedt et al., 2001). Sekundenschlaf am Steuer verursacht mindestens 25% der tödlich endenden Verkehrsunfälle auf Autobahnen (Zulley et al., 1995). Viele dieser Unfälle ereignen sich in Verbindung mit der Arbeit bzw. Nachtarbeit oder auf der Heimfahrt danach, im Transportwesen oder auf Dienstreisen (Åkerstedt et al., 1995a; Horne et al., 1999). Betrachtet man die Unfalloffhäufigkeit im Tagesverlauf zeigt sich, dass die Häufigkeitsgipfel mit den Zeiten chronobiologischer Leistungstiefs zusammenfallen. Dies sind zum einen die frühen Morgenstunden, wo jüngere Fahrer einen hohen Anteil an einschlafbedingten Unfällen haben, zum anderen der frühe Nachmittag, an dem vorwiegend ältere Menschen Unfälle durch Einnicken am Steuer verursachen (Horne et al., 1995). In den ersten Untersuchungen an deutschen Autobahnen mit objektiven Schläfrigkeitsmessungen stellte sich heraus, dass vor allem LKW-Fahrer und

Urlaubsreisende mit ungewohnt hohen Kilometerleistungen und langen Lenkzeiten von massiver Einschlafgefahr bedroht sind. Auch waren Schichtarbeiter in der Gruppe auffälliger Messungen bei Autofahrern besonders stark präsentiert (Binder et al., 2003).

Ähnliche Verhältnisse finden sich in Bezug auf Arbeitsunfälle (Beermann 1997; Hänecke et al., 1998; Kecklund et al., 1998). Dabei ist hervorzuheben, dass nicht erst das Einschlafen für Sekunden schwerwiegende Folgen haben kann – dies scheint selbstverständlich – sondern dass auch in der Phase der Übermüdung, die dem eigentlichen Einschlafen vorausgeht die Arbeitsqualität und Sicherheit stark abnehmen. Somit führt Schläfrigkeit am Arbeitsplatz zum einen zu schlechteren Qualität in Produktion oder Serviceleistungen, zum anderen zu einer erheblichen Eigen- und Fremdgefährdung.

Demgegenüber steht im öffentlichen als auch individuellen Bewusstsein die Bagatellisierung der Müdigkeit, welche zwar als lästig, aber dennoch wenig bedeutsam eingeschätzt wird. Die Einstellung zur Schläfrigkeit ist oftmals ähnlich der gegenüber schlechter Stimmung. Fatal wirkt sich aus, dass aus der Bagatellisierung heraus die Gefahren verkannt werden. Hinzu kommt, dass müde Menschen ihr Leistungsvermögen viel schlechter einschätzen können als wache (Philip et al., 2001; Weeß et al., 2001) und dazu neigen, sich zu überfordern. Jüngere Fahrer werden durch Müdigkeit risikobereiter und aggressiver (Ten Thoren 2003).

In Deutschland leisten Millionen von Menschen Schichtarbeit. Die Notwendigkeit, am Tag zu schlafen und in der Nacht zu arbeiten, stellt die Betroffenen vor zahlreiche Schwierigkeiten. Bei Schichtarbeitern treten gewöhnlich zwei unterschiedliche schlafbezogene Probleme auf: zum einen am Tage zu schlafen, zum anderen sich nachts wach zu halten. Es wurde nachgewiesen, dass Schichtarbeit erhebliche Probleme im sozialen und familiären Umfeld sowie eine insgesamt höhere Krankheitsanfälligkeit verursachen kann (www.circadian.com/media/2003). Viele Nachtarbeiter klagen, dass ihnen die Zeit für Familie und Freunde, Verabredungen und alltägliche Besorgungen fehlt. Da sich das öffentliche und gesellschaftliche Leben am Rhythmus der Tagesarbeit orientiert, fühlen sie sich oft

ausgeschlossen und frustriert. Darunter leidet die Lebensqualität erheblich. Schichtarbeiter, die nachts (gewöhnlich zwischen 23 und 7 Uhr) oder in Wechselschicht arbeiten, sind hiervon in besonderem Maße betroffen.

Wie kommt das Problem Schläfrigkeit überhaupt zustande? Zu dieser Frage wurden von Arbeits- und Schlafmedizinern Modelle erarbeitet (Consensus Statement ESRS 2000; Åkerstedt et al., 1995a+b), aus denen sich folgende wesentliche Faktoren für das Zustandekommen von Schläfrigkeit bei Tage ergaben:

1. Arbeitszeit gegenphasig zur zirkadianen Rhythmik
2. verlängerte Wachphasen
3. unzureichender Schlaf
4. lange Arbeitszeiten
5. krankhafte Schläfrigkeit (Schlafapnoe etc.)

Jeder dieser Faktoren für sich löst bereits Schläfrigkeit aus, besonders aber induzieren Kombinationen mehrerer Faktoren, erhöhte Müdigkeit und Einschlafgefährdung. Gerade im Zusammenwirken der Ursachen 1. – 3. findet sich die Erklärung, warum besondere Schichtbedingungen zwangsläufig mit dem Problem Schläfrigkeit am Arbeitsplatz verbunden sind. Schlaf von Schichtarbeitern findet meist zu chronobiologisch „ungeeigneten“ Zeiten statt und ist deshalb deutlich kürzer und von schlechterer Erholungsqualität als „normaler“ Nachtschlaf. Dadurch kommt es zudem noch zu ungewöhnlich langen Wachphasen zwischen den Schlafzeiten. Da zwischen 2 und 5 Uhr morgens die größte Müdigkeit eintritt, wird die Leistungsfähigkeit von Schichtarbeitern selbst nach jahrelanger Nachtarbeit erheblich beeinträchtigt. Zahlreiche Studien belegen, dass sich Müdigkeit negativ auf die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit, Motorik und Stimmung auswirken (Åkerstedt et al., 1991; Kecklund et al., 1993; Åkerstedt 1995a+b).

Es gibt nur wenige Studien, die sich mit den Auswirkungen von Frühschichten befassen (Tilley et al., 1982; Åkerstedt et al., 1991). Es wurde herausgefunden, dass die gesamte Schlafzeit in der Nacht vor der Frühschicht auf ca. 5 Stunden reduziert war; ähnlich wie der Tagschlaf nach einer Nachtschicht. Personen in Frühschicht kompensieren das ungewöhnlich frühe Aufstehen niemals

vollständig durch früheres Zubettgehen. Einmal weil sie dies zugunsten sozialer Aktivitäten nicht wollen, zum anderen aber - auch wieder durch den zirkadianen Rhythmus bedingt – weil die frühen Abendstunden für den Beginn des Nachtschlafes einen sehr ungünstigen Zeitraum darstellen. Die Schlafmedizin spricht von einer sogenannten „forbidden zone“ für den Schlaf. Hinzu kommt, dass bereits die Erwartung besonders früh aufstehen zu müssen, die Erholungsqualität des Nachtschlafs verschlechtert.

Die Tatsache, dass sich Schläfrigkeit auf die Konzentrationsleistung bei Nacht- oder Frühschichten oder langen Arbeitszeiten auswirkt, drückt sich aus in Unfallhäufigkeiten (Hänecke et al., 1998), subjektivem Erleben von Müdigkeit (Bjørvatn et al., 1999) und Ergebnissen von Forschungsstudien unter Laborbedingungen (Torsvall et al., 1989).

Jeder 5. bis 10. Arbeitnehmer, der in der Nachtschicht arbeitet, berichtet über regelmäßiges kurzes Einschlafen während der Nachtarbeit. Eine Laborstudie unter EEG-Kontrolle zeigte, dass 25% der untersuchten Arbeitnehmer während der Arbeit eindeutig einschliessen und dass dies vor allem in der zweiten Hälfte der Nachtschicht geschieht (Torsvall et al., 1989). Dabei sind sich die Personen ihrer Schläfrigkeit bewusst, nehmen aber das Einschlafen selbst nicht wahr. Dies deckt sich mit Beobachtungen in den Untersuchungen zum Thema Fahrerschläfrigkeit mit dem PST (Weeß et al., 2001; Binder et al., 2003).

1.2. Ziele einer ersten arbeitsmedizinischen Studie mit objektiver Müdigkeitserfassung im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Gesundheit, Ernährung und Verbraucherschutz (StMGEV)¹

Bei der Beurteilung der Situation muss berücksichtigt werden, dass alle Erkenntnisse, die zum Thema Schläfrigkeit unter besonderen Schichtbedingungen bislang gewonnen wurden, entweder aus Studien unter Laborbedingungen beruhen oder auf der Erfassung des subjektiven Erlebens der betroffenen Arbeitnehmer. Für das Ergreifen geeigneter Arbeitsschutzmaßnahmen, bzw. der Wirksamkeitsprüfung dieser Maßnahmen

¹ Mittlerweile: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, StMUGV.

ist aber eine objektive Erfassung des Problems Müdigkeit am Arbeitsplatz unerlässlich.

Erstmals soll mit einem objektiven Messverfahren (Lüdtke et al., 1998; Wilhelm et al., 1998a-c; Wilhelm et al., 1999a) Tagesschläfrigkeit in einer Studie in verschiedenen Arbeitsbereichen, in denen ein erhöhtes Risikopotential für müdigkeitsbedingte Unfallereignisse oder dadurch verursachtes Fehlverhalten vorliegt, durchgeführt werden. Für eine erste Bestandsaufnahme vorhandener Tagesschläfrigkeit wurden die Berufsgruppen Bauarbeiter in 12 Stunden-Schichten sowie ärztliches Personal nach Nachtdiensten geprüft.

1.3. Schläfrigkeitwellen der Pupille

1.3.1. Definition der Schläfrigkeitwellen der Pupille

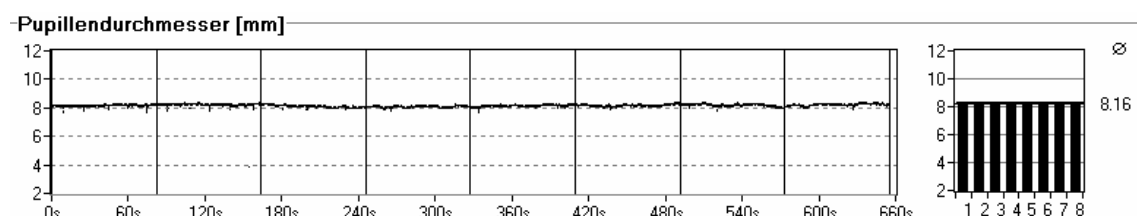
Unter „Schläfrigkeitwellen“ versteht man Spontanzillationen der Pupille, die bei Müdigkeit vermehrt auftreten.

Eine Eigenschaft dieser Wellen ist ihre niedrige Schwingungsfrequenz, die unter 0,5 Hz liegt, eine weitere, die Regelmäßigkeit mit der sie auftreten.

Zwischen Amplitudenmaximum und Minimum können bis zu mehrere Millimeter liegen.

Seit ihrer Entdeckung werden die Schläfrigkeitwellen (Lowenstein et al., 1964), vor allem in den letzten Jahren, vermehrt zur objektiven Messung von Tagesschläfrigkeit in der Schlafmedizin eingesetzt.

In Abb. 1 sieht man 2 Pupillogramme, die als veranschaulichendes Beispiel dienen sollen.



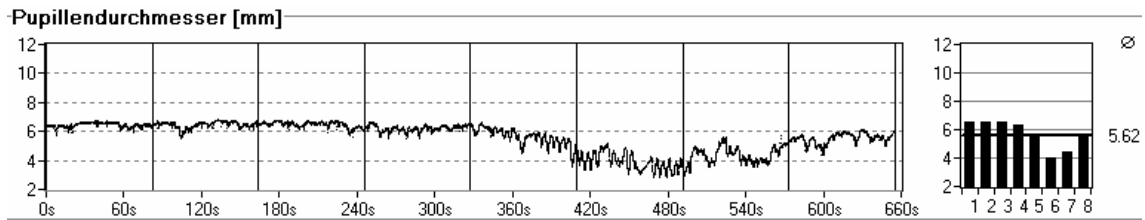


Abb.1: Pupillogramme

Die obere Messung ist die eines wachen Probanden, die untere die eines schläfrigen. Bei der Messung wurde der Pupillendurchmesser gegen die Zeit aufgetragen. Der wache Proband hat eine Pupille, die sich während des gesamten Messvorgangs nur minimal in ihrer Größe verändert. Sie oszilliert kaum. Der Pupille des müden Probanden zeigt das für Schläfrigkeit sehr charakteristische Verhalten. Schon kurze Zeit nach Messbeginn fängt sie an, stark zu oszillieren. Die Amplitude der Schwankungen wird mit wachsender Schläfrigkeit immer größer, der mittlere Pupillendurchmesser nimmt im Verlauf der Messung ab.

1.3.2. Anatomie und Physiologie der Pupille

Die Pupillengröße wird durch das autonome Nervensystem reguliert.

Dieses kann in Bezug auf Struktur und Funktion in zwei Anteile gegliedert werden; den Sympathikus und den Parasympathikus. Die Aktivierung des Sympathikus hat eine Erhöhung der Aktivität und eine Mobilisierung der Energie des Körpers zur Folge, während der Parasympathikus eher für die Erholung und Regeneration der Energie zuständig ist.

Die beiden antagonistisch organisierten, glatten Muskelsysteme der Iris bestimmen den Pupillendurchmesser. Der M. sphincter pupillae wird über das Acetylcholin als Neurotransmitter vom Parasympathikus aktiviert. Sein Antagonist, der sympathisch innervierte M. dilatator pupillae gibt als Neurotransmitter Noradrenalin frei. Eine Kontraktion des Sphinkters führt zu einer Pupillenverengung (Miosis), eine Kontraktion des Pupillendilatators zu einer Erweiterung der Pupille (Mydriasis).

Im Mittelhirn des Menschen liegt der parasympathische Ncl. Edinger-Westphal, von dem aus präganglionäre cholinerge Nervenfasern zum Ggl. ciliare ziehen

und dort in postganglionäre cholinerge Fasern verschaltet werden. Von dort aus verlaufen sie zum M. sphincter pupillae .

Die sympathische Innervation des M. dilatator pupillae hat ihren Ursprung im Hypothalamus. Die Nervenfasern verlaufen über das Kerngebiet A1/A5 der Medulla oblongata ins Rückenmark. Sie werden in Höhe von Th1 verschaltet und erreichen als präganglionäre cholinerge Fasern über den Grenzstrang das Ggl. cervicale superius, wo sie ein letztes Mal umgeschaltet werden. Dem Verlauf der A. carotis interna folgend treten die postganglionären noradrenergen Fasern nun in die Orbita ein und erreichen ohne weitere Synapse über das Ggl. ciliare den M. dilatator pupillae (Trepel 1999)

1.3.3. Die zentrale Hemmung des Parasympathikus

Der M. sphincter pupillae hat einen stärkeren Einfluss auf die Pupillengröße als der M. dilatator pupillae. Eine weite Pupille kommt also nicht nur durch die Aktivierung des Sympathikus zustande, sondern vielmehr durch die zentral hemmende Wirkung, die dieser auf den parasympathischen Teil des vegetativen Nervensystems ausübt. Die zentrale Hemmung des Parasympathikus geschieht über wenigstens zwei separate Bahnen.

Die eine Bahn verläuft von Locus coeruleus und hemmt über den Transmitter Noradrenalin die Edinger- Westphal- Kerne (EW). Die andere, GABAerge, Bahn kommt von dem Kerngebiet A1/A5 der Medulla oblongata, nimmt ihren Verlauf über den Hypothalamus und inhibiert letztendlich auch die EW-Kerne.

Der Mechanismus der Hemmung des Parasympathikus ist stets gleichzeitig und gleichsinnig mit der Aktivierung des peripheren Sympathikus wirksam. Beides zusammen erklärt relevante Pupillenerweiterungen auf mentale und psychosensorische Reize.

Mit zunehmendem Alter nimmt die mittlere Pupillenweite ab. Dies lässt sich folgendermaßen erklären: Im Laufe des Lebens nimmt die zentrale Hemmung in ihrer Intensität ab. Wahrscheinlich hängt dies mit einer Abnahme von Neuronen im Locus coeruleus zusammen. Die weiteste Pupille findet man bei

Menschen zwischen 15 und 20 Jahren, danach nimmt der Durchmesser pro Lebensdekade ca. um 0,4 mm ab (Loewenfeld 1999).

1.3.4. Entstehung von Schläfrigkeitwellen

Bei Müdigkeit lässt die zentrale Hemmung der EW- Kerne nach und wird instabil. Der Parasympathikus, der nun einen stärkeren Einfluss auf die Pupille hat, bewirkt eine Abnahme der Pupillenweite. Aufgrund der Gegenregulation des Sympathikus kommt es so zu unterschiedlich großen Schwankungen des Pupillendurchmessers, insgesamt kommt es aber tendenziell zu einer Abnahme. Dieses Phänomen, in den ersten anekdotischen Beschreibungen *fatigue waves* genannt (Loewenstein et al., 1963), tritt nur bei müden, beziehungsweise schläfrigen Menschen auf.

1.3.5. Der Pupillographische Schläfrigkeitstest

Anfang der 90er Jahre wurde der Pupillographische Schläfrigkeitstest (PST) an der Augenklinik der Universität Tübingen entwickelt. Er arbeitet mit Infrarotvideopupillographie (Wilhelm et al., 1996b), einem speziellen Messalgorithmus(UKT- Patent 5402P137) und einer automatischen Datenanalyse (Lüdtke et al., 1998). Der PST stellt ein physiologisches Verfahren zur Messung der tonischen zentralnervösen Aktivierung dar, das standardisiert durchgeführt wird (Weeß et al., 2000; Wilhelm et al., 2001). Dieser Test kommt in der europäischen Schlafforschung und Schlafmedizin verbreitet zum Einsatz (Wilhelm et al., 1998; Wilhelm et al., 1999; Wilhelm 2001; Danker-Hopfe et al., 2000; Danker-Hopfe et al., 2001) und neuerdings auch in der Verkehrsmedizin (Weeß et al., 2000 ; Binder et al., 2003).

Die vorliegende Arbeit stellt die erste Anwendungsstudie in der Arbeitsmedizin dar. Das Vorhaben kam auf Initiative von Herrn Dr. med. G. Otto, Ministerialrat, zustande.

2. Methoden und Material

Die hier beschriebene Studie wurde mit Genehmigung der Ethik-Kommission der Medizinische Fakultät der Universität Tübingen (Projekt 144/2003) durchgeführt. Die Teilnahme erfolgte auf freiwilliger Basis. Von allen Teilnehmern/innen lag eine schriftliche Einverständniserklärung.

2.1. Probanden

2.1.1. Studienpopulation

Aufgenommen wurden gesunde Personen zwischen 20 und 60 Jahren, bei denen keine Schlafstörung bekannt war und die keine vigilanzbeeinflussende (wach bzw. müde machende) Medikamente einnahmen. Um die Robustheit der Aussage der Studienergebnisse zu gewährleisten, wurden keine weiteren Erkrankungen als Ausschlusskriterien herangezogen.

2.1.2. Rekrutierung der Probanden

Mit Unterstützung des StMGEV und des Bergamtes Südbayern beziehungsweise des Gewerbeaufsichtsamtes Augsburg wurden die ARGE U3 Olympiapark München und das Klinikum Kempten zur Mitarbeit für die Studie gewonnen.

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte durch Informationen, in Form von schriftlichen Ankündigungen, Plakaten und persönlichen Gesprächen. Die Teilnahme an der Untersuchung geschah als arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung auf freiwilliger Basis. Im zeitlichen Vorlauf erfolgte im Unternehmen / der Einrichtung eine Information und Aufruf zur Teilnahme an der Studie. Die Terminkoordination der Messungen wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Betriebsärztlichen Dienst des Klinikums Kempten (Herr Dr. med. Vogt, Frau M. Jürss) und der ARGE-U3 Olympiapark München (Herr Uschold, Herr Hirsch) durchgeführt.

2.1.2.1. Klinikum Kempten

Die Klinikverwaltung und der Betriebsrat stimmten der Studie zu. Zwei Monate vor Studienbeginn informierte der Betriebsarzt die Chefärzte aller Abteilungen schriftlich über die Studie und holte erste Signale über die Teilnahmebereitschaft ein. Dabei wurden die Interessenten über die Studieninhalte, Ablauf und Inhalte der Probandeninformation in Kenntnis gesetzt. 1 ½ Monat vor Studienbeginn wurden Plakate über Ziel und Zweck der Studie im gesamten Klinikbereich angebracht und etwa die Hälfte der Chefärzte persönlich informiert. Von insgesamt ca. 130 in Frage kommenden Assistenzärztinnen und Assistenzärzten zeigten sich nur wenige spontan bereit zur Teilnahme. Nachdem zwei Tage vor Studienbeginn nur 5 feste Teilnahmeanmeldungen vorlagen, wurde in mehreren Anläufen durch das Messpersonal persönlich auf den Stationen und bei den Nachmittagsbesprechungen der Abteilungen über die Studie informiert. Diese Strategie wurde während der Studie fortgesetzt und führte letztendlich Aufnahme von 37 Personen in die Studie. Bedenken gegenüber einer Teilnahme an der Studie betrafen hauptsächlich die Skepsis in Hinblick auf später folgende tatsächliche Verbesserungen der Arbeitsbedingungen sowie (für die Nachtdienstbedingung) eine studienbedingte zusätzliche Verzögerung des Beginns der Ruhezeit oder generelles Desinteresse.

Der Messplan konnte also nicht im Voraus ausgearbeitet werden, sondern er musste recht spontan im Laufe des Tages entstehen. Insgesamt gestaltete sich die tägliche Rekrutierung als schwierig und zeitaufwendig.

2.1.2.2. Arge U3 Olympiapark München

Zwei Monate vor Studienbeginn fand die Besprechung und Information der Bauleitung und Besichtigung sowohl der Arbeitsplätze unter Tage als auch der möglichen Räumlichkeiten für die Messungen statt. Danach wurden Poster als laienverständliche Information über die Studie in slowakischer Sprache verfasst und im Bereich der Aufenthaltsräume sowie der Unterkünfte angebracht, da die in Frage kommenden Mineure alle aus der Slowakei stammten. Gleichzeitig erfolgte die Verteilung der Probandeninformation und –Einverständniserklärung

durch slowakische Vorarbeiter. Von Anfang an weckte die Studie bei den Vertretern der beiden ausführenden Firmen Bögl und Züblin großes Interesse. Wir fanden große Unterstützung, die sich auch in einer frühen praktischen Hilfe bei der Planung und Vorbereitung sowie der Terminvereinbarung ausdrückte. Diese wurde ausschließlich von Herrn D. Uschold (Bauleitung Untertage) und den Vorarbeitern geplant und vorbereitet. Zu Beginn der Messungen lagen für die Messtage der ersten Woche Pläne für je 4 Arbeiter pro Tag vor. Zur ersten Messzeit wurden die Arbeiter jeweils von einem Übersetzer begleitet, da das Messpersonal zu diesem Zeitpunkt mündlich zusätzliche Informationen über die Details der Untersuchung gab.

2.1.3. Beschreibung der Arbeitsfelder der Zielgruppen

2.1.3.1. Klinikum Kempten

Das Klinikum Kempten besteht aus 11 Abteilungen

- Allgemein- und Gefäßchirurgie
- Anästhesie
- Gynäkologie und Geburtshilfe
- Pädiatrie
- Radiologie
- Strahlentherapie
- Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
- Urologie
- Innere Medizin I - Gastroenterologie
- Innere Medizin II - Kardiologie
- Innere Medizin III - Hämatologie-Onkologie

mit insgesamt etwa 130 Assistenzärzten in unterschiedlichen Bereitschaftsdienststufen. Die Klinik verteilt sich auf zwei Gebäude mit ca. 1 km Distanz (Klinikum Robert-Weixler-Straße und Klinikum Memminger Straße). Die

Dienstaufteilung und Regelungen zu Gesamtarbeitszeit und Ruhezeiten sind gemäß dem Arbeitszeitgesetz geregelt. Grundsätzlich starteten die Ärzte unter zwei Ausgangsbedingungen in den Bereitschaftsdienst: Arbeitsbeginn am Vortag um 8 Uhr morgens und Arbeitsbeginn am Vortag um 15 Uhr nachmittags.

2.1.3.2. ARGE U3 Olympiapark München (Fa Züblin, Fa. Bögl)

Die slowakische Baufirma Vahostav führte den Tunnelbau im Bereich des Münchner Olympiapark-Geländes durch. Die Arbeiter waren dort jeweils 7 Tage in Tagschicht (6:00 bis 18:00, davon 2 Stunden Pause), dann jeweils 7 Tage in Nachtschicht (18:00 bis 6:00, davon 2 Stunden Pause) im Einsatz und hatten anschließend 7 Tage frei. Die Freiwoche verbrachten sie zu Hause in der Slowakei. Von dort kamen die Arbeiter am Vortag vor erneutem Beginn der Tagschicht-Periode zurück. Die Pausenzeit sowohl im Tag- als auch Nachtbetrieb wurde auf kleine Segmente von 10 – 15 Minuten verteilt. Beim dem Baulos U3 handelt es sich um 4 Tunnelvortriebe, in denen pro Schicht mit jeweils 5 Arbeitern gearbeitet wird. Die Arbeit der Fünfer-Teams findet in 6 bis 20 m Tiefe bei ca. 25 Grad Celsius und einem Geräuschpegel von meist 70 – 80 dB(A) zeitweise auch um 110 dB(A) statt.

2.1.4. Einschlusskriterien

Die Einschlusskriterien orientierten sich an den Kriterien, die für die Normierungsstudien des PST-Testverfahrens definiert wurden (Wilhelm et al 2001b).

- Männer und Frauen zwischen 20 und 60 Jahren
- Einwilligungsfähigkeit der Probanden

2.1.5. Ausschlusskriterien

Auch die Ausschlusskriterien orientierten sich an den Kriterien, die für die Normierungsstudien des PST-Testverfahrens definiert wurden (Wilhelm et al 2001).

- Bekannte, polysomnographisch diagnostizierte Schlafstörung
- Vigilanz beeinflussende Medikation
- Augentropfen, welche die Pupillenweite beeinflussen
- Gewohntes Schlafsoll nicht erfüllt, weniger als 3 Stunden Nachtschlaf in der Nacht vor PST-Messung
- Sekundär ausgeschlossen werden Probanden im Falle erheblicher Messartefakte, unvollständiger Messreihen oder schlechter Kooperation bei der PST-Messung

Es gab eine Abweichung von den Kriterien der Normwertstudie: kein Koffein- oder Nikotinkonsum lediglich in der letzten Stunde vor PST-Messung (sonst während vier Stunden vor der Messung). Diese Maßnahme wurde ergriffen, um a.) die Mitarbeit an dieser Studie zu erleichtern und b.) die Robustheit der Studienergebnisse zu erhöhen, da unter Bedingungen der realen Arbeitssituation diese Vigilanz steigernden Alltags-Stimulantien ebenfalls angewendet werden.

2.1.6. Fallzahlschätzung

Die Fallzahlschätzung basierte auf dem normalverteilten natürlichen Logarithmus des PUI (lnPUI) und der Standardabweichung der PST-Normwerte. Daraus ergab sich eine Anzahl von ca. 30 zu messenden Beschäftigten in jedem Arbeitsbereich.

2.2. Studienaufbau

2.2.1. Zeitbedarf und Einteilung

A. Das ärztliche Personal wurde unter 2 Bedingungen gemessen:

1. nach einer normalen Nacht (mind. 3 Stunden Nachtschlaf) im Tagdienst
2. nach dem ersten Nachdienst.

Die Messungen fanden an 2 Messtagen (mit 1 Woche Intervall bei vorangegangener Nachtdienstmessung) jeweils am Vormittag zwischen 7 und

11:30 Uhr statt. Ein engeres Zeitfenster, wie es zunächst geplant war (9-11h) konnte nicht realisiert werden. Gründe hierfür lagen in den Arbeitsrhythmen der teilnehmenden Ärzte und Compliance-Problemen. Nicht immer war es aufgrund von Stationstätigkeiten möglich, die vereinbarten Termine einzuhalten. Andererseits ergaben sich durch solche Verspätungen unzumutbare Wartezeiten für die nachfolgenden Kollegen, die dann besonders nach den Nachtdiensten nicht so lange warten wollten und nach Hause gingen. In solchen Fällen wurden z.T. Nachholtermine vereinbart. Der Zeitaufwand betrug für Messung und Befragung maximal 20 Minuten pro Teilnehmer. An jedem der 16 Messtage konnten so maximal 8 Teilnehmer untersucht werden.

B. Auf der Baustelle wurde in der Tagschicht (mit mindestens 3 normalen Nächten im Fall von Schichtwechseln aus der Nachtschicht) an 1 Messtag und zu drei verschiedenen Tageszeiten gemessen.

Jeder der Probanden wurde am jeweiligen Messtag dreimal gemessen. Die erste Messung fand morgens zu Schichtbeginn zwischen 6.00 und 7.00 Uhr statt. 8 Stunden nach Arbeitsbeginn, zwischen 13.30 und 14.00 Uhr wurde zum zweiten Mal gemessen. Die letzte Messung wurde zu Arbeitsende (nach 12 Stunden) zwischen 17.30 und 18.30 Uhr durchgeführt. Der Zeitaufwand betrug für Messung und Befragung maximal 20 Minuten pro Teilnehmer. Pro Tag konnten 4 Arbeiter untersucht werden.

2.2.2. Zeitrahmen und Außentemperatur

Die Messungen fanden im Juli 2003 im Klinikum Kempten und im August an der Baustelle U3 Olympiapark München statt. Die Tagestemperaturen lagen während der Juli-Messungen über 25 Grad Celsius, im August an allen Messtagen zur Mittags- und Abendmessung jenseits der 30 Grad-Marke (Abb. 2,3 und 4)

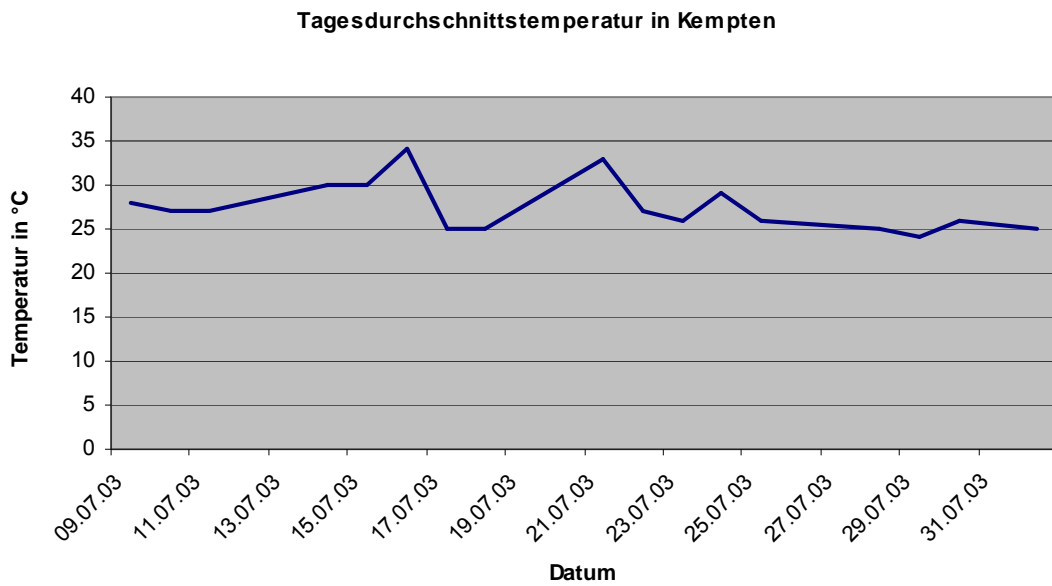


Abb. 2 : Temperaturverlauf während der Messtage am Klinikum Kempten

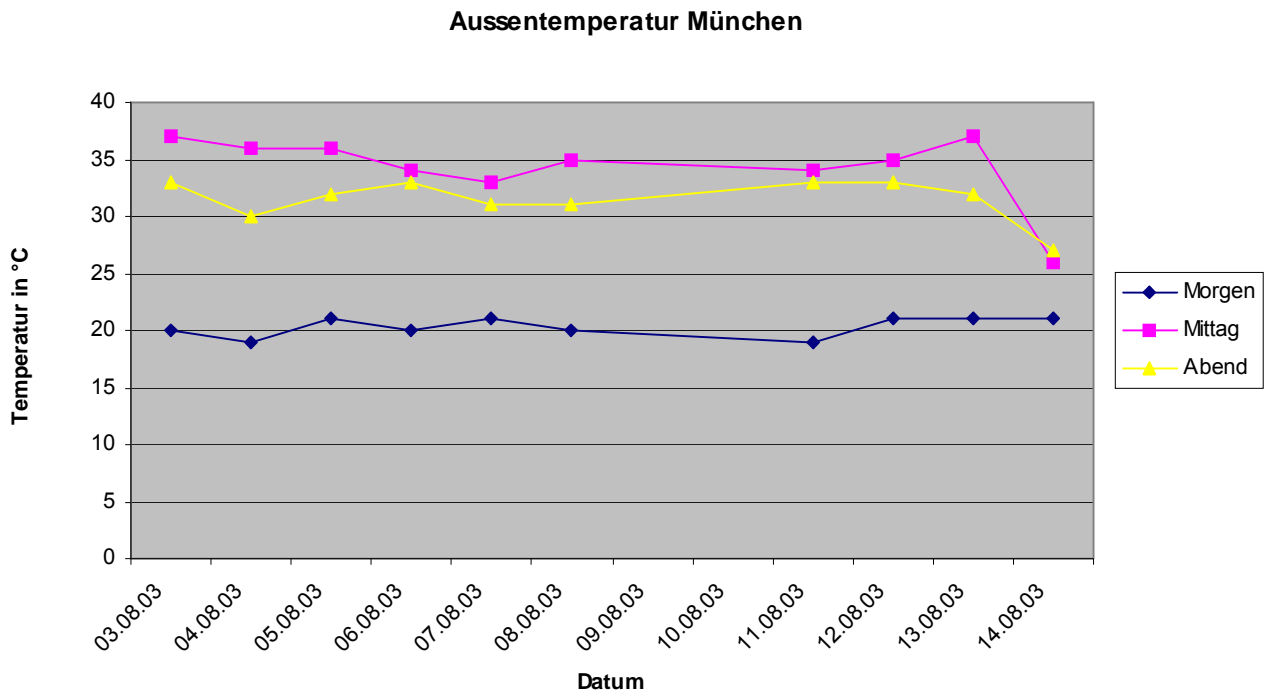


Abb. 3: Temperaturverlauf der Außentemperatur während der Messtage U3-Baustelle

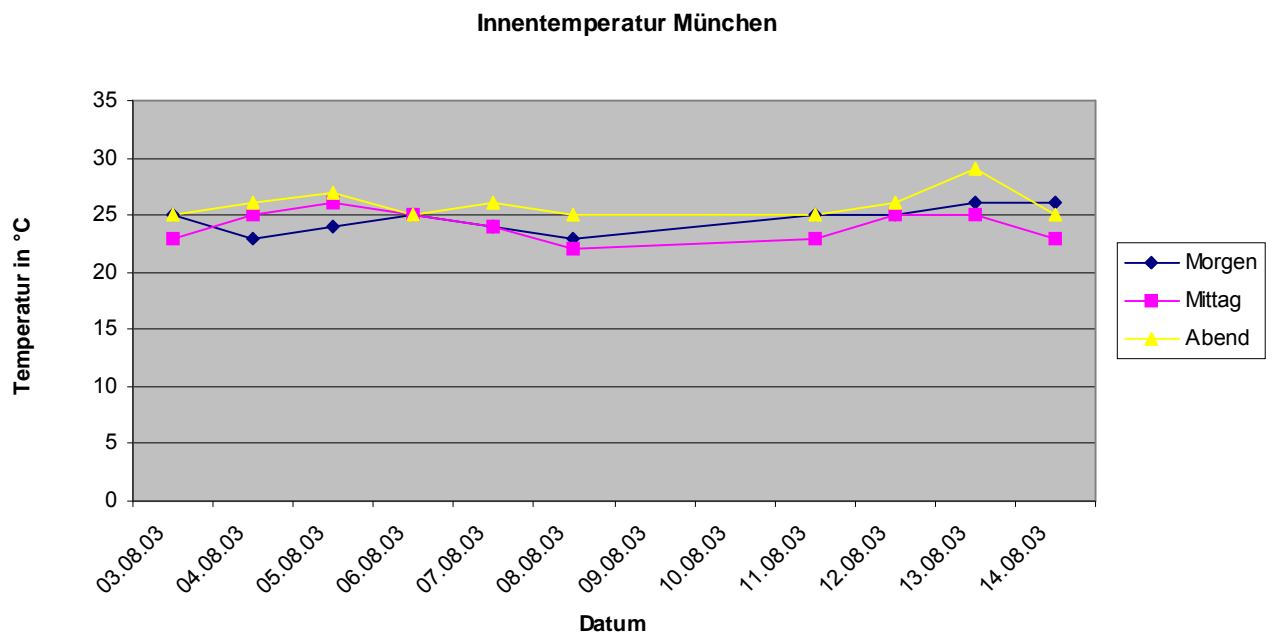


Abb. 4: Temperaturverlauf der Messraum-Temperatur während der Messtag U3-Baustelle

2.3. Untersuchungsmethoden

2.3.1. Messaufbau: Testbeschreibung des Pupillographischen Schläfrigkeitstests (PST)

In dieser Studie wird ein PST- Gerät der Firma AMTech, Weinheim verwendet. (Wilhelm et al., 1996a; Wilhelm, 1996b ; Lüdtke et al., 1998)

Die Versuchsperson sitzt in einem ruhigen und dunklen Raum auf einem möglichst bequemen Stuhl in einem 70 cm großen Abstand vor der am einen Ende des Messtisches montierten Infrarotkamera. Seinen Kopf legt der Proband in eine kombinierte Kinn-/ Stirnstütze am gegenüberliegenden Tischende und nimmt so eine möglichst angenehme Haltung ein. Die Arme kann der Proband zusätzlich auf dem Tisch ablegen. Während der Messung trägt die Versuchsperson eine Infrarotfilterbrille zur Abschirmung von Restlicht im Raum.

Der Untersucher sitzt vor einem Monitor und kann so die 11-minütige Messung direkt verfolgen. Auf dem Monitor stellt sich das Kamerabild und mehrere Messparameter, mindestens aber der Pupillendurchmesser graphisch dar.

Details des Messverfahren sind bei Lüdtkke beschrieben (Lüdtkke et al., 1998).

Das PST- Gerät besteht aus einer Infrarotkamera, die über eine Bildwandlerkarte mit einem PC verbunden ist. Die bildverarbeitende Software erhebt Daten in 25 Hz- Echtzeitanalyse und bei optimaler Einstellung wird eine Bildauflösung von $< 0,05$ mm erreicht. Die Software ist so konzipiert, dass sie bei Augenbewegungen der Pupille mit einem quadratischen Suchfenster folgen kann. Die Pupillenerfassung erfolgt monokular

An der Objektivöffnung der Kamera ist eine Infrarot- Leuchtdiode angebracht, die als Infrarotlichtquelle dient. Bei Dunkelheit ist diese Elektrode als roter Punkt sichtbar und stellt für den Probanden eine Fixationshilfe dar. Der Proband wird vor Messbeginn instruiert den roten Punkt nicht zu fixieren, sondern „ durch ihn hindurchzuschauen“ (zur Instruktion siehe Kapitel 2.3.4.3.). Während der Proband in Richtung der Kamera schaut, wird über einen Zeitraum von 11 Minuten sein spontanes Pupillenverhalten aufgezeichnet. Nach Ablauf der 11 Minuten stoppt der Computer die Messung automatisch und wertet die Daten aus.

Der Messalgorithmus der bildverarbeitenden Software identifiziert zunächst den ersten Purkinje- Reflex auf der Hornhaut des Auges. Dieser Reflex entsteht durch die Spiegelung der punktförmigen Lichtquelle (Infrarot- Leuchtdiode), auf der konkav gekrümmten Hornhaut. Von dort aus wird anhand mehrerer Punkte in horizontaler und nach unten gerichteter Richtung der Pupillenrand ermittelt (Lüdtkke et al., 1998). Dieses Vorgehen ist aufgrund der unterschiedlichen Helligkeit von Pupille und Iris möglich. Aufgrund der Tatsache, dass das einfallende Infrarotlicht auf der Netzhaut beinahe vollständig reflektiert wird, erscheint die Pupille heller als die Iris. Die Pupille muss jedoch groß genug sein (> 3 mm im Durchmesser), um einen ausreichenden Kontrast zu gewährleisten.

Mit Hilfe von einfachen Methoden der analytischen Geometrie wird aus den ermittelten Randpunkten der Pupille (unter der Annahme, dass die Pupille kreisförmig ist), mit einem Kreisfitverfahren der vollständige Kreis und ihr Durchmesser bestimmt. Dieses Verfahren wird jeweils unter Ausschluss von „Ausreißern“ wiederholt. Selbst wenn der Purkinje- Reflex nicht exakt in der Mitte der Pupille liegt und die obere Pupillenhälfte durch Oberlid oder Wimpern bedeckt ist, werden von diesem Messverfahren noch verlässliche Werte geliefert.

Zur Auswertung der Pupillogramme wird in erster Linie der Pupillenunruhe-Index (PUI in mm/ min) als Maß für die Schläfrigkeit während der pupillographischen Messung herangezogen. Der PUI gibt die pupillomotorische Instabilität bei Dunkelheit wieder und wird als zeitliche Mittelung über den Betrag aller Veränderungen des Pupillendurchmessers berechnet während der gesamten Messzeit (mm/min) berechnet (Lüdtke et al., 1998). Für die Ermittlung der Differenzen wurden jeweils die Mittelwerte über 16 aufeinander folgende Messwerte herangezogen. Weitere Auswerteparameter stellen die Durchschnittswerte des Amplitudenspektrums $> 0,8$ Hz (Fast- Fourier-Transformation) und das Verhalten der durchschnittlichen Pupillenweite im Messverlauf dar. Für diese Arbeit wurde der natürliche Logarithmus des PUI als Zielparameter definiert, da dieser normalverteilt ist.



Ab. 5: Messeinrichtung Pupillographischer Schläfrigkeitstest (PST, Hersteller Fa AMTech, Weinheim)

2.3.2. Vor- und Rahmenbedingungen der Messung

Um verlässliche und vergleichbare Messergebnisse zu erhalten wurden im Zuge der Normierung des PST- Verfahrens bestimmte Rahmenbedingungen definiert, auf die im Folgenden eingegangen werden soll.

1. Verzicht auf vigilanzbeeinflussende Substanzen

Es sollte sichergestellt werden, dass der Proband mindestens 4 Stunden vor Messbeginn keinen Kaffee getrunken und keine Zigaretten geraucht hat, um Vigilanzeinflüsse durch diese Genussmittel zu vermeiden. Für die vorliegende Feldstudie wurde diese Karenzzeit auf 1 Stunde reduziert. Dies sollte die Compliance erhöhen und die Praktikabilität gewährleisten und diene zudem der Robustheit der Ergebnisse.

2. Entspannte Atmosphäre

Die Messungen sollten in einer möglichst ruhigen und entspannten Umgebung stattfinden, da Stress und Unruhe die zentralnervöse Aktivierung stimulieren. Diese Bedingung hat das PST mit anderen Methoden zur Tages schläfrigkeitmessung gemeinsam.

3. Dunkelheit

Um lichtbedingte Pupillenoszillationen zu verhindern, muss es im Messraum so dunkel wie möglich sein. Nach völliger Raumabdunklung trägt der Probanden deshalb eine spezielle Infrarotfilterbrille. Selbst bei nur schwacher Umgebungshelligkeit würde es sonst zu einer ernsthaften Beeinträchtigung der Messergebnisse kommen, da sich lichtbedingte Oszillationen den schläfrigkeitsbedingten Spontanoszillationen der Pupille überlagern würden.

Eine Dunkeladaptation vor Messbeginn ist beim PST nicht notwendig, da für diese Messung der Adaptionszustand der Netzhaut, anders als bei der Pupillenlichtreaktion, nicht von Bedeutung ist.

4. Ruhe

Im Messraum sollte während der Messung Ruhe herrschen. Insbesondere sind Gespräche zu meiden. Mit dem Probanden wird in den 11 Minuten nicht gesprochen. Sieht der Untersucher, dass der Proband eingeschlafen ist, wird dieser erst mit einem Piepton geweckt und wenn dies mehrfach keinen Erfolg zeigt, wird er leise angesprochen.

2.3.3. Basisuntersuchung der Pupillen

Bei der Pupillenuntersuchung wurde sichergestellt, dass die zu messende Pupille beweglich ist, d.h. überhaupt in der Lage ist, zu oszillieren. Wir achten auch auf Anisokorien, also ein deutlicher Größenunterschied zwischen rechter und linker Pupille zu achten, denn diese können auf einseitige Störungen des Sympathikus oder Parasympathikus hinweisen. Zur Erfassung eines vollständigen Pupillenbefundes wurde ein Pupillenwechselbelichtungstest, der so genannte Swinging flashlight test durchgeführt. Aufgrund der Empfindlichkeit des Tests können damit Störungen im Verlauf der afferenten Pupillenbahn erkannt werden.

2.3.4. Studienablauf

2.3.4.1. Messräume

A. Klinikum Kempten

Als Messraum diente ein etwa 20 m² großer, ruhiger, angenehm temperierter und verdunkelbarer Besprechungsraum im Verwaltungsgebäude des Klinikums, welches sich unmittelbar neben der eigentlichen Klinik befand. Die Probanden fanden sich zum jeweiligen Messtermin im Wartebereich vor dem Messraum ein.

B. Baustelle U3

Uns wurde ein ca. 15m² ruhiger und verdunkelbarer großer Messraum mit Wartebereich im angrenzenden Flur zur Verfügung gestellt, der eigentlich als Sanitätsraum diente.

2.3.4.2. Besonderheiten der Rahmenbedingungen auf der Baustelle U3

1. An allen Messtagen (August 2003) lagen die Tages-Außentemperaturen mittags und abends über 30 Grad Celsius. Der Messraum war mit einem mobilen Klimagerät klimatisiert. Die Raumtemperatur betrug in der Regel um 25 Grad Celsius.

2. Die wenigsten der slowakischen Bauarbeiter (Mineure) sprachen Deutsch. Aufgrund des besonderen Umstandes, dass alle Teilnehmer slowakischer Herkunft waren und die wenigsten Deutsch sprachen, mussten einige Maßnahmen getroffen werden, um sprachliche Barrieren zu überwinden. Die Probandeninformationen, die Einverständniserklärungen, die VAS- Skalen und die Messinstruktionen wurden von Frau Karolina Skorskoska auf slowakisch übersetzt. Weitere wichtige Sätze und Phrasen wurden von uns erlernt, um so eine, wenn auch nur eingeschränkte, Kommunikation zu ermöglichen. Die Erläuterungen vor der ersten Messung am Morgen fanden unter Mithilfe eines Dolmetschers statt. Die Probanden zeigten sich durchweg sehr kooperativ und interessiert. Die geplanten Messzeiten wurden sehr genau beachtet und eingehalten.

Ablauf einer Einzelmessung

1. Der Proband verbringt vor der Messung ca. 10 Minuten sitzend in körperlicher Ruhe z.B. mit Lesen bzw. dem Aufnahmegespräch.
2. Vor Beginn der PST- Messung, sollte der Probanden gefragt werden, ob er momentan Augentropfen oder Medikamente nimmt, die einen Einfluss auf die Pupillenweite haben könnten. Danach wird eine Basisuntersuchung der Pupillen durchgeführt (siehe 2.2.3).

3. Jedem Studienteilnehmer wurde eine Probandennummer zugeteilt. Die Verschlüsselung wurde separat und nicht auf dem PST-Rechner niedergelegt.
4. Die anamnestischen Daten wurden in die Datenbank des PST aufgenommen. Bei der Baustellenstudie wurde nur nach der Dauer des Nachtschlafs in der Nacht gefragt.
5. Die Probanden wurden gemäß der Normwertstudie (Wilhelm et al. 2001b) instruiert. Vor Messbeginn wird dem Probanden der Messablauf mit folgenden Worten erklärt. Die gleichen Instruktionen wurden bei der Normierung und Validierung des Pupillographischen Schläfrigkeitstests verwendet.

Den Probanden wird dabei bewusst keine Anweisung gegeben wach zu bleiben oder einzuschlafen, um so eine mögliche Beeinflussung der Messung zu verhindern.

"Die Messung dauert 11 Minuten. Während der Messung wird es im Raum dunkel und ruhig sein. Wir werden erst nach Messende wieder mit Ihnen sprechen. Schauen Sie bitte in die Richtung des roten Lichts, Sie brauchen es Probleme lösen, sondern einfach entspannt nach vorne schauen. Wir stellen jetzt die Kamera ein und sagen Ihnen, wenn die Messung beginnt."

6. Die PST-Messung wurde durchgeführt.
7. Nach der 11- minütigen Messung wurde der Proband noch darum gebeten, sein subjektives Befinden anhand einer visuellen Analogskala (VAS) und im Klinikum Kempten zusätzlich auf der Stanford Schläfrigkeitsskala (SSS) einzuschätzen.
8. Nach jeder Messung wurde den Probanden Kaffee/ Erfrischungsgetränke und Gebäck angeboten.

Interessierten Teilnehmern wurde unmittelbar im Anschluss an die Messung das Ergebnis mitgeteilt und Fragen dazu beantwortet.

2.3.5. Befragung der Probanden

A. Klinikum Kempten

Die Probanden wurden zu ihren Schlafgewohnheiten, Wachzeit und evt. Schlaf während des Bereitschaftsdienstes und zu ihrer Tagesschläfrigkeit befragt.

B. Baustelle U3

Auf eine ausführliche Anamnese wurde hier aufgrund sprachlicher Probleme verzichtet. Wir fragten lediglich nach dem Nachtschlaf, das heißt, nach der Anzahl der Stunden, die die Proband in der Nacht vor der Messung geschlafen hatten. Außerdem wurde festgehalten, am wievielten Tag nach Beginn des einwöchigen Tagschichtzyklus die Messung stattfand.

2.3.6. Vorgehen bei auffälligen Befunden

Wegen der sprachlichen Feinheiten und der Tatsache, dass eine Empfehlung slowakischer Schlafmedizin-Zentren nicht möglich war, beschränkten sich die folgenden Empfehlungen auf die Kempten-Studie. Im Falle mehrerer auffälliger Messergebnisse erhielten dort solche Probanden folgendes Blatt zu Verhaltensmaßnahmen und ggf. die Empfehlung zu einer schlafmedizinischen Abklärung, falls unter jeder Bedingung auffallende Tagesschläfrigkeit messbar war.

EMPFEHLUNGEN FÜR STUDIENTEILNEHMER MIT AUFFALLEND SCHLÄFRIGEM MESSERGEBNIS

Vorsicht – Schläfrigkeit ist gefährlich!

Wir haben bei Ihnen in einem physiologischen Messverfahren zur Erfassung von Schläfrigkeit ein auffälliges Ergebnis erhalten. Wir empfehlen Ihnen deshalb folgendes

Sie sollten jetzt nicht selbst PKW fahren, da Sie einschlafgefährdet sind. Benutzen sie für Ihre Heimfahrt ein öffentliches Verkehrsmittel. Auch bei anderen Tätigkeiten, die volle Konzentration erfordern, könnten Sie beeinträchtigt und nicht optimal reaktionsfähig sein.

GEGEN SCHLÄFRIGKEIT HILFT NUR SCHLAFEN!

Wenn Sie dennoch selbst fahren müssen, raten wir zu folgendem Vorgehen: Legen Sie, sobald es geht, eine Schlafpause ein. Der Kurzschlaf, so genannter „Power Nap“, braucht nur 10 – 15 Minuten zu dauern, um Wachheit für ca. 2-3 folgende Stunden zu schaffen. Wenn Sie danach 1 – 2 Tassen Kaffee (oder Energy Drink) zu sich nehmen, ist dies auch günstig. Sollten Sie keine Gelegenheit zum Schlafen haben, genügt im Notfall das Koffein alleine.

2.3.7. Die subjektiven Skalen

2.3.7.1. Visuelle Analogskala (VAS)

Unmittelbar nach Messende wird die Versuchsperson gebeten, sich auf der Skala einzuschätzen. Sie besteht aus einer 10 cm langen, horizontalen Strecke an deren Enden die Extremzustände, „hellwach“ (links) und „müde“ (rechts), markiert ist. Durch eine senkrechte Markierung soll der Proband nun einschätzen, wie er sich während der Messung gefühlt hat.

Anschließend wird der Abstand vom linken Skalenextrem zur senkrechten Markierung ausgemessen und in Millimetern angegeben (Hoddes et al 1973).

Dieser Wert entspricht dem subjektiven Empfinden des Probanden während der Messung. Je kleiner die Millimeterangabe ausfällt, desto wacher fühlt sich die Versuchsperson (siehe Abb.6)

Wie haben sie sich während der Messung gefühlt? Bitte markieren Sie auf der Skala.

hellwach _____ ↓ _____ müde

Abb.6: VAS-Skala

2.3.7.2. Stanford Schläfrigkeitsskala (SSS)

Im Klinikum Kempten wurde zusätzlich die 7-teilige Schläfrigkeitsskala mit verschiedenen Beschreibungen von Wachheit bzw. Schläfrigkeit angewendet.

Die Stanford-Schläfrigkeitsskala (SSS) ist eine Skala zur Erfassung der subjektiven Schläfrigkeit, die international weit verbreitet zur Anwendung kommt. Der Proband wird aufgefordert, nach Messende das subjektive Empfinden während der Messung einzuschätzen. Die Testperson nennt dazu diejenige Zahl, deren beschreibende Stichworte am ehesten ihren Befinden entspricht. Die Stufe 1 entspricht dem höchsten Vigilanzniveau, 7 dem niedrigsten (siehe Abb.7)

Wie haben Sie sich während der PST- Messung gefühlt?

1	Fühle mich aktiv und vital, aufmerksam, vollkommen wach
2	Bin voll da, jedoch nicht auf dem Höhepunkt, kann mich konzentrieren
3	Entspannt, wach, nicht voll aufmerksam, ansprechbar
4	Etwas dösig, nicht auf dem Höhepunkt, etwas schlapp
5	Dösig, verliere das Interesse wach zu bleiben, verlangsamt
6	Schläfrig, möchte mich hinlegen, kämpfe gegen den Schlaf, benebelt
7	Fast träumend, schlafe bald ein, kein Bemühen mehr, wach zu bleiben

Abb.7: Stanford-Schläfrigkeitsskala (SSS)

2.4. Definition der Zielkriterien, Analyseverfahren, Darstellungen

Die Studie sollte erstmals objektiv und quantitativ die Ermüdungseffekte A. durch Nachtdienst im Krankenhaus sowie B. durch 12- gegenüber 8-Stunden-Schichtdauer darstellen. Betrachtet werden jeweils die Unterschiede des InPUI und der subjektiven Maße zwischen beiden Messbedingungen (A.) bzw. die Unterschiede zum Ausgangswert nach 8 bzw. 12 Stunden (B.).

Untersucht wurden die Verteilungen der Werte der untersuchten Variablen, dabei werden in dem Ergebnisteil Median, Minimum und Maximum angegeben. Die zugehörigen Abbildungen sind uniform und zeigen stets im linken Teil in einer Balkengraphik die Verteilung über den Messwertebereich. Im rechten Teil ist in Schwarz ein Boxplot (Median, 25. und 75. Perzentile) und eine Mittelwert-Raute (Mittelwert und 95% Konfidenzintervall) und einer horizontalen Linie abgebildet, welche den Median angibt (siehe zum Beispiel Abb. 8). Zusätzlich umgreift eine rote Klammer den Bereich, in dem 50% der Messwerte am dichtesten liegen.

Die Differenzen der Variablen zwischen den verschiedenen Messbedingungen (Kempten: Tag-/Nachtschicht) wurden mit dem Wilcoxon Rangsummentest untersucht und das Signifikanzniveau auf $p < 0,05$ gesetzt. Graphisch dargestellt sind in allen Abbildungen (siehe zum Beispiel Abb.) die einzeln abgetragenen Messwerte unter den verschiedenen Bedingungen mit sog. mean diamonds, d.h. Rauten, durch welche in der Mitte eine horizontale Linie – der Mittelwert – gezogen ist. Die Spitzen der Raute bilden das 95% Konfidenzintervall ab.

Die Effekte der drei Messzeiten auf die Messgrößen des Studienarmes Olympiapark München wurden mit dem Friedman Test geprüft. Zur genaueren Betrachtung von Unterschieden zwischen jeweils zwei Zeitpunkten wurde zwischen den Gruppen ein Wilcoxon-Test (gepaart) berechnet.

Alle Korrelationen wurden nach Pearson berechnet und der Korrelationskoeffizient nach Pearson sowie das Signifikanzniveau angegeben.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse Klinikum Kempten

3.1.1. Beschreibung der untersuchten Gruppe

Insgesamt wurden 37 Personen gemessen, dabei lagen von 34 Personen PST-Messungen aus Tag- und Nachtschichtbedingung vor, in den restlichen 3 Fällen konnte nur eine Messbedingung durchgeführt werden. Alle Probanden arbeiten als Assistenzärzte in folgenden Abteilungen:

- 4 Ärzte/ Ärztinnen in der Unfallchirurgie
- 6 Ärzte/ Ärztinnen in der Gynäkologie
- 7 Ärzte/ Ärztinnen in der Allgemeinchirurgie
- 6 Ärzte/ Ärztinnen in der Anästhesie
- 6 Ärzte/ Ärztinnen in der Kinderheilkunde
- 3 Ärzte/ Ärztinnen in der Urologie
- 2 Ärzte/ Ärztinnen in der Inneren / Kardiologie

Die Mess- und anamnestischen Daten von 34 Personen gingen in die Auswertung ein. Es gab über die genannten drei Personen hinaus keine Ausschlüsse von Messungen oder Probanden aufgrund der vordefinierten Ausschlusskriterien. Unter den Studienteilnehmern waren 5 Raucher. An den Untersuchungen beteiligten sich 20 Männer und 14 Frauen im Alter von durchschnittlich 37 Jahren (Median 37 J, Minimum 27 J, Maximum 55 J).

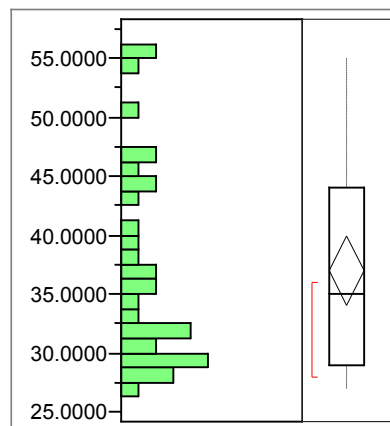


Abb. 8: Altersverteilung der Probanden am Klinikum Kempten, n=34.

3.1.2. Ausgewertete Parameter und Beziehungen

Außer dem InPUI als Zielgröße der Pupillenmessung gingen in die Auswertung ein: subjektive Schläfrigkeit (gemessen an SSS und VAS), normale Nachtschlafdauer und Schlafdauer während des Nachtdienstes, Zeit des Dienstbeginnes am Vortag vor Nachtschicht (8 Uhr morgens oder 15 Uhr nachmittags), Schlafdefizit (die Differenz zwischen normaler Schlafdauer und Schlafdauer während des Nachtdienstes), Wachzeit vor der jeweiligen PST-Messung. Alle genannten Parameter werden im Folgenden dargestellt und ihre Abhängigkeiten voneinander überprüft.

3.1.3. Dienstbeginn am Vortag

18 Nachtdienst-Messungen wurden nach einem Dienstbeginn am Vortag um ca. 8 Uhr, 15 nach Dienstbeginn am vorausgehenden Tag um ca. 15 Uhr durchgeführt.

3.1.4. Normale Nachtschlafdauer

Die übliche, von den Probanden angegebene Nachtschlafdauer betrug im Mittel 7 Stunden (Median 7 h, Minimum 5 h, Maximum 8 h).

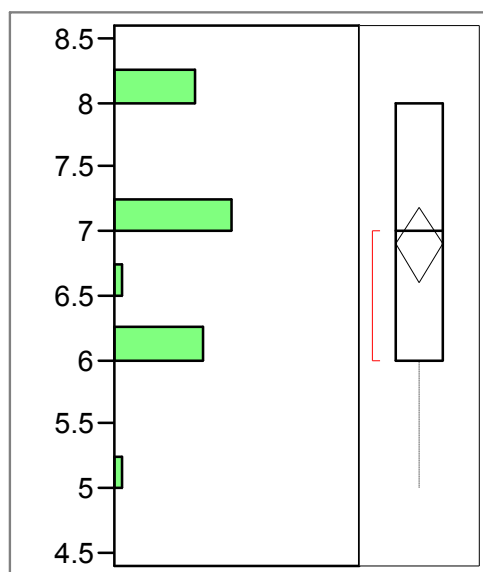


Abb. 9: Normale Nachtschlafdauer der Probanden am Klinikum Kempten, n=34.

3.1.5. Schlafdauer vor der Messung (Tag- und Nachtschicht)

Die Schlafdauer vor der Messung betrug durchschnittlich 6 Stunden (Median 6, Minimum 0 h, Maximum 8 h). Dargestellt sind die Werte sowohl der Nachtschicht- als auch der Tagschichtbedingung (Abb. 10).

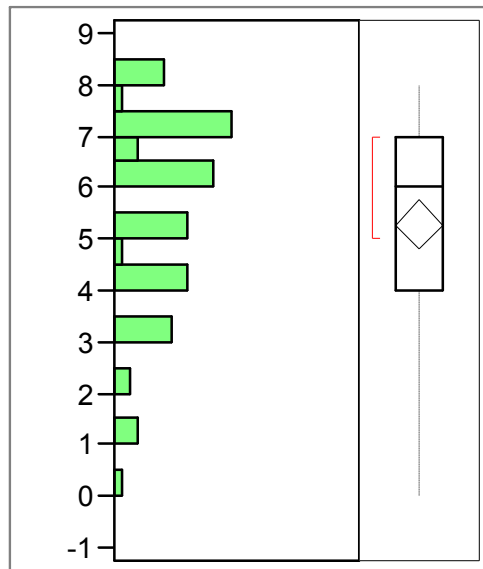


Abb. 10: Nachtschlafdauer vor PST-Messung (Tag- und Nachtschicht).

3.1.6. Schlafzeit in der Nachtschicht vor der Messung

Die insgesamt während der Nachtschicht mögliche Schlafzeit war wesentlich kürzer als die Schlafdauer unter Tagschichtbedingungen (Wilcoxon-Test, Median der Differenz - 3 h, Minimum - 7 h, Maximum 0 h, zweiseitige Signifikanz $p < 0,001$).

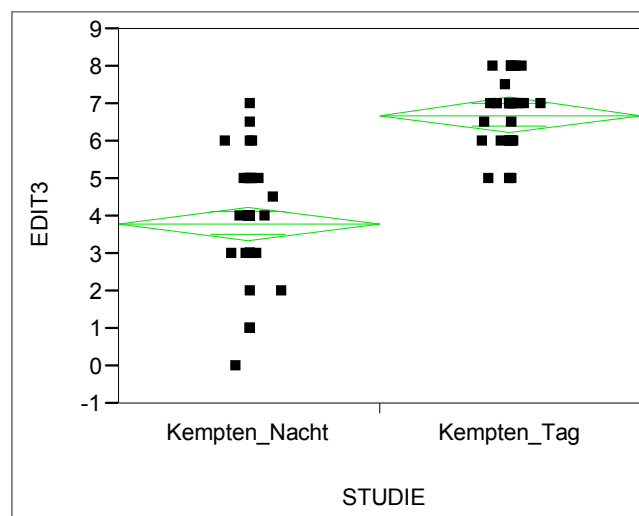


Abb. 11: Schlafzeit während der Nachtschicht im Vergleich zur Tagschicht

3.1.7. Schlafdefizit

Das Schlafdefizit als Differenz zwischen normaler Schlafdauer und Schlafdauer während beider Bedingungen betrug im Mittel 1 Stunde.

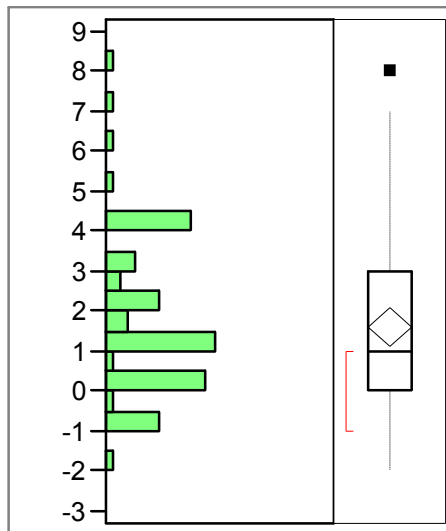


Abb. 12: Schlafdefizit in Stunden (Tag- und Nachtschicht), n=34.

3.1.8. Vergleich des Schlafdefizits unter Nacht- gegenüber Tagdienstbedingung

Es existierte zwar auch unter Tagschichtbedingung ein minimales Schlafdefizit (0,18 h), aber unter Nachtschichtbedingung war dies feststellbar (Wilcoxon-Test, Median der Differenz 3 h, Minimum 0 h, Maximum 7 h, zweiseitige Signifikanz $p < 0,001$).

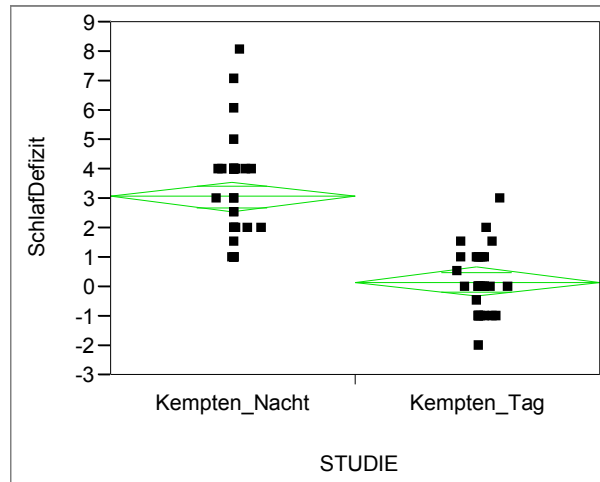


Abb. 13: Schlafdefizit in Stunden (Tag- im Vergleich Nachtschicht).

3.1.9. Wachzeit vor der PST-Messung

Als Wachzeit wurde die Zeit erfasst, die seit der letzten Schlafpause vergangen war. Dargestellt sind die Werte sowohl der Nachtschicht- als auch der Tagschichtbedingung, d.h. zum einen handelt es sich um die Zeit seit dem normalen Nachtschlaf, zum anderen um die Zeit, welche seit einer kürzeren Schlafphase während des Dienstes vergangen ist. Diese Wachphase lag durchschnittlich bei 3 Stunden.

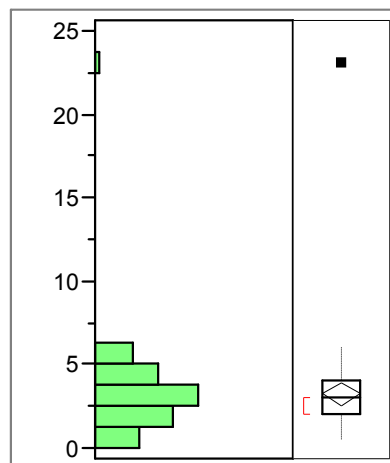


Abb. 14: Wachzeit (in Stunden) vor PST-Messung (beide Bedingungen).

3.1.10. Vergleich der Wachzeit vor PST-Messung unter Nacht- gegenüber Tagdienstbedingung

Die Probanden waren unter beiden Bedingungen vor der morgendlichen PST-Messung praktisch gleich lange wach (Wilcoxon-Test, Median der Differenz -

0,25 h, Minimum -4 h, Maximum 20 h, zweiseitige Signifikanz $p = 0,2$). Dies zeigt, dass unter der Nachtdienstbedingung in der Regel eine letzte Schlafpause in den frühen Morgenstunden realisierbar war.

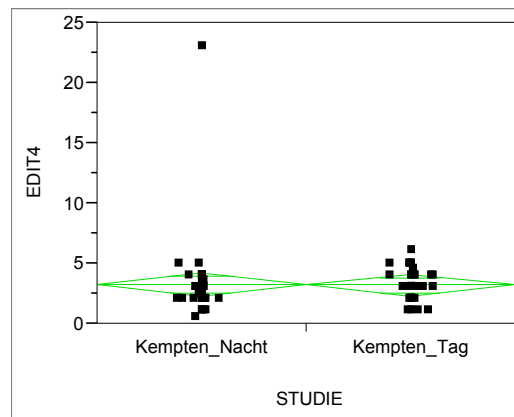


Abb. 15: Vergleich der Wachzeit Klinikum Kempton

3.1.11. Verteilung des InPUI aller Messungen

Bei 4 PST-Messungen war eine Nachberechnung und Korrektur der PUI-Werte nach Ausschluss von artefaktbeladenen Messabschnitten erforderlich. Der logarithmierte Pupillen-Unruheindex, der die Grundlage der statistischen Analysen bildet, lag für alle Messungen im Mittel bei 2,0 (Median 2,05, Minimum 0,84, Maximum 3,50).

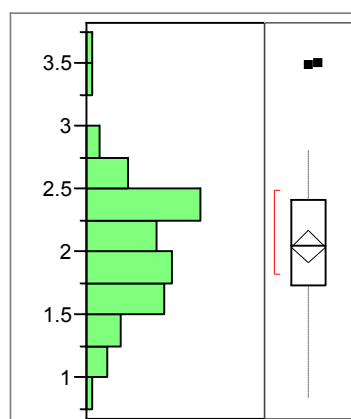


Abb. 16: Verteilung InPUI Klinikum-Kempton, n=34.

3.1.12. Unterschiede InPUI zwischen Tag- und Nachtdienst

Der InPUI liegt nach der Nachtschicht höher als unter Tagschichtbedingung (Wilcoxon-Test, Median der Differenz 0,19, Minimum -0,71, Maximum 1,29, einseitige Signifikanz $p = 0,03$). Dies zeigt sich allerdings nur bei einseitiger Prüfung, d.h. unter der Vorgabe, dass man bei Nachtschicht höhere Werte (im Sinne stärkerer Schläfrigkeit) als unter Tagbedingungen erwartet.

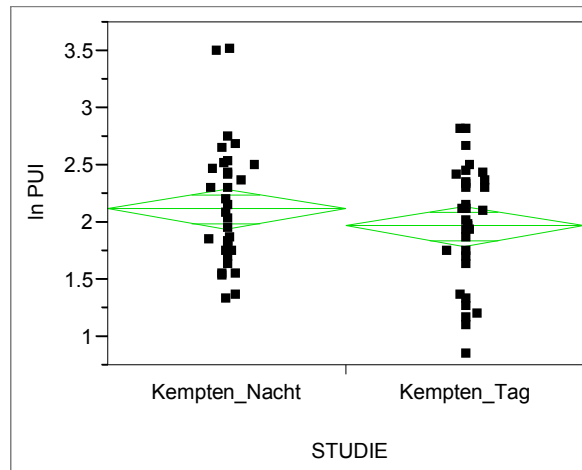


Abb. 17: Vergleich InPUI Tag- / Nachtschicht

Unter Tagdienstbedingung kam es einmal, nach dem Nachtdienst dreimal vor, dass Probanden während der Messung einschliefen und geweckt werden mussten.

3.1.13. Besondere Hinweise bei ein- oder zweimaligem auffälligem Befund

Falls Messbefunde im auffälligen Bereich lagen, wurden die Probanden wie oben beschrieben mit einem Informationsblatt und mündlich über Verhaltensmaßnahmen beraten. Es wurde Ihnen (nach dem Nachtdienst) nahe gelegt, erst nach einer kurzen Schlafpause und / oder einer Tasse Kaffee selbst PKW zu fahren. Diese Empfehlungen wurden 16-mal gegeben; die Resonanz und Umsetzung von Seiten der Probanden war unterschiedlich. Zeigte sich auffällige Schläfrigkeit nicht nur nach dem Nachtdienst, sondern auch in der Tagmessung, so erhielten die Probanden eine Adressenliste umliegender Schlafmedizin-Zentren und die Empfehlung, sich dort beraten bzw. untersuchen

zu lassen. Eine solche Liste erhielten 3 Probanden. On dies erfolgte ist unbekannt.

3.1.14. Subjektive Schläfrigkeit (SSS)

Die Verteilung der Einstufung subjektiver Schläfrigkeit (höhere Werte stehen für stärkere Müdigkeit) ist in Abb. 15 dargestellt.

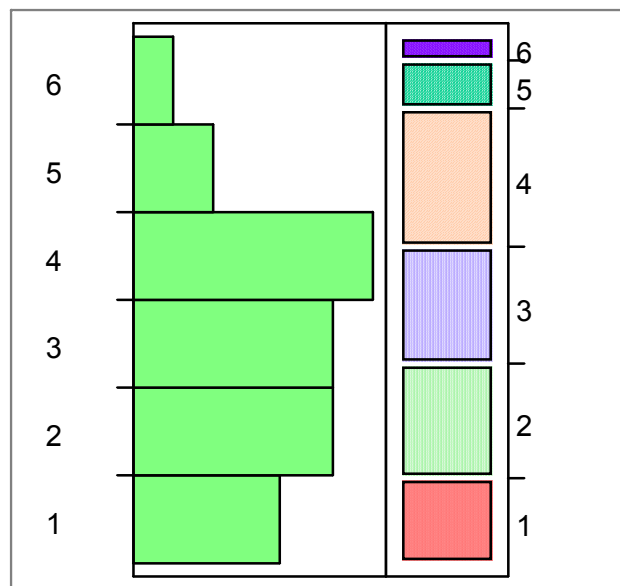


Abb. 18: Subjektive Schläfrigkeit (SSS) Klinikum Kempten, n=34.

3.1.15. Vergleich subjektive Schläfrigkeit (SSS) Nachtschicht mit Tagschicht

Die subjektiv eingeschätzte Schläfrigkeit der Probanden lag nach der Nachtschicht höher als unter Normalbedingungen (Wilcoxon-Test, Median der Differenz 2, Minimum -2, Maximum 5, zweiseitige Signifikanz $p < 0,001$).

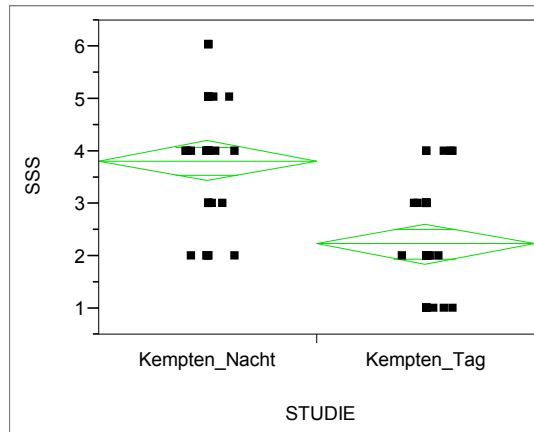


Abb. 19: Vergleich subjektive Schläfrigkeit (SSS) Tag- / Nachtschicht

3.1.16. Subjektive Schläfrigkeit (VAS)

Die Verteilung der Einstufung subjektiver Schläfrigkeit an der visuellen Analogskala (höhere Werte stehen für stärkere Müdigkeit) ist in Abb. 20 dargestellt (Median 39,5, Minimum 1, Maximum 90 mm).

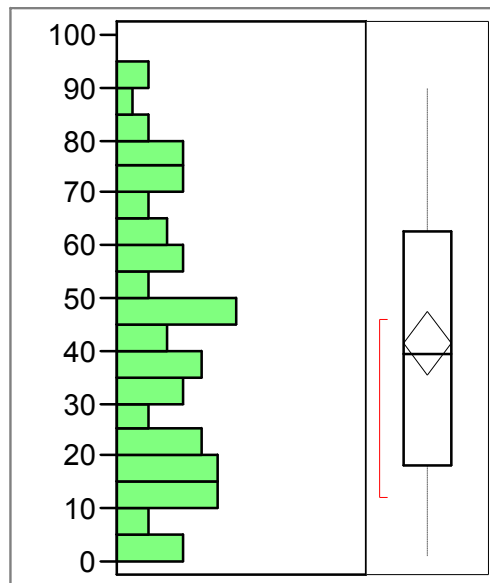


Abb. 20: Subjektive Schläfrigkeit (VAS) Klinikum Kempten, n=34.

3.1.17. Vergleich subjektive Schläfrigkeit (VAS) Nachtschicht mit Tagschicht

Die subjektiv eingeschätzte Schläfrigkeit der Probanden lag, gemessen an dieser zweiten, in der Studie verwendeten Skala, nach der Nachtschicht höher

als unter Normalbedingungen (Wilcoxon-Test, Median der Differenz 32, Minimum -20, Maximum 74, zweiseitige Signifikanz $p < 0,001$).

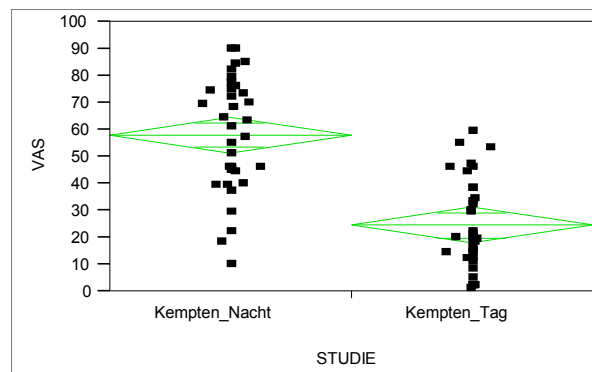


Abb. 21: Vergleich subjektive Schläfrigkeit (VAS, mm) Tag- / Nachtschicht

3.1.18. Korrelationen

a) Absolutwerte

War das Schlafdefizit hoch, so erzeugte dies bei den Messungen nach Nachtdienst tendenziell stärkere subjektive Schläfrigkeit, jedoch wurde das Signifikanzniveau knapp verfehlt (Spearman Rho 0,32, $p=0,07$). Bei der Vergleichsmessung (Tagdienst) war kein Zusammenhang zu erkennen.

Längere Schlafzeiten in der Nacht senkten die subjektive Schläfrigkeit (Spearman Rho $-0,40$, $p=0,02$) nach dem Nachtdienst. Dieser Zusammenhang war bei den Vergleichsmessungen ebenfalls nachweisbar (Spearman Rho $-0,39$, $p=0,02$).

Der InPUI korrelierte mit den Werten der SSS bei der Tagesmessung, d.h. subjektive Schläfrigkeit war mit höheren PUI-Werten verbunden (Spearman Rho 0,42, $p=0,01$). Bei den Messungen nach Nachtdienst konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden (Spearman Rho 0,12, $p=0,51$).

b) Differenzen

Betrachtet man die Beziehung zwischen Veränderungen im InPUI gegenüber Veränderungen in der subjektiven Einschätzung, so korrelieren diese Differenzen signifikant, d.h. Zu- oder Abnahme der objektiv messbaren Schläfrigkeit geht in der Regel mit einer gleichgerichteten Veränderung des

subjektiven Befindens einher (PUI_Diff/SSS_Diff, Spearman Rho 0,41, $p=0,02$; PUI_Diff/VAS_Diff, Spearman Rho 0,38, $p=0,02$).

3.1.19. Dienstbeginn am Vortag

Gemessen an der SSS fühlten sich die Probanden, deren Dienst am Vortag vor dem Nachtdienst um 15 Uhr begonnen hatte, subjektiv signifikant müder als diejenigen, die ihre Arbeit schon morgens um 8 Uhr angefangen hatten. Demgegenüber ergaben sich keine signifikanten Effekte auf die VAS-Werte oder die objektiven Werte (bei einem Trend zu eher niedrigeren PUI-Werten in der Gruppe mit späterem Arbeitsbeginn).

3.2. Ergebnisse Baustelle U3 Olympiapark München

3.2.1. Ausgewertete Parameter und Beziehungen

Neben dem InPUI als Zielgröße der Pupillenmessung gingen in die Auswertung ein: subjektive Schläfrigkeit (VAS), Nachtschlafdauer während der Nacht vor der Messreihe, Abstand zur Freischicht-Woche (n-ter Tag Arbeitstag in Folge seit Freischicht).

Alle genannten Parameter werden im Folgenden dargestellt und ihre Abhängigkeiten voneinander überprüft.

3.2.2. Beschreibung der untersuchten Gruppe

An diesem Studienteil nahmen insgesamt 35, ausschließlich männliche Probanden teil. Sie waren im Durchschnitt 33 Jahre alt (SD 8 Jahre) und kamen alle aus der Slowakei. Ausschlusskriterien waren bei keinem der Teilnehmer erfüllt. Ein Proband wurde retrograd ausgeschlossen, da von ihm nur zwei der drei erforderlichen Messungen im Tagesverlauf vorlagen. Die Mess- und Anamnese-Daten von 34 Personen gingen in die Auswertung ein.

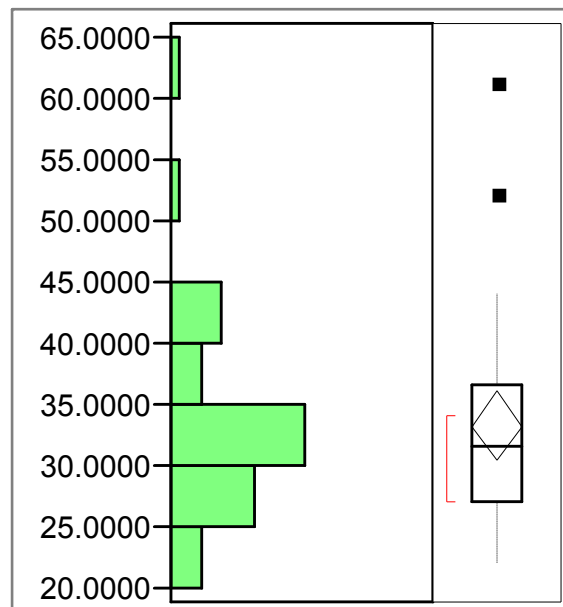


Abb. 22: Altersverteilung der Probanden Baustelle U3 Olympiapark, n=34.

3.2.3. Nachtschlafdauer

Die Arbeiter hatten im Durchschnitt etwa 7 Stunden geschlafen (Median 7 h, Minimum 5 h, Maximum 10 h).

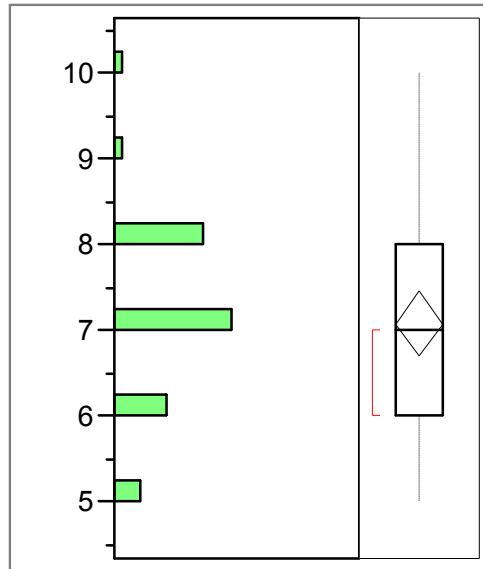


Abb. 23: Nachtschlafdauer U3 Olympiapark, n=34.

3.2.4. Verteilung des InPUI aller Messungen

Der logarithmierte Pupillen-Unruheindex, der die Grundlage der statistischen Analysen bildet, lag für alle Messungen im Mittel bei 2,23 (Median 2,27, Minimum 1,17, Maximum 3,13).

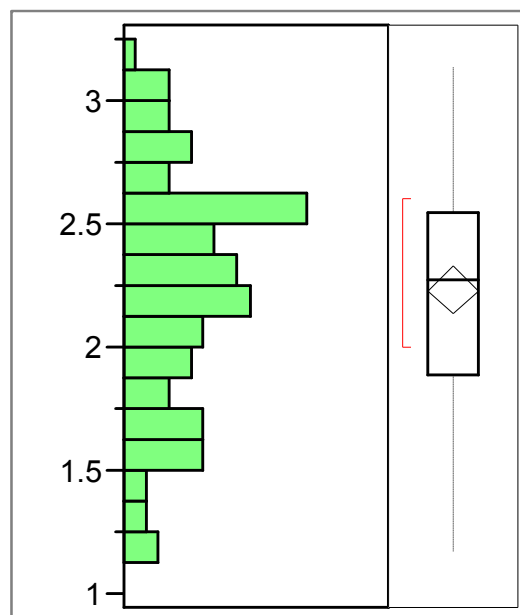


Abb. 24: Verteilung InPUI U3 Olympiapark, n=34.

3.2.5. Vergleich des InPUI zu den drei Messzeiten

Die objektiv gemessene Schläfrigkeit unterschied sich eindeutig in Abhängigkeit von der Messzeit (Friedman-Test, chi-square = 30,76, df = 2, $p < 0,001$). Der PUI nahm vom Morgen (6 Uhr) zum Mittag (14 Uhr) stark zu und verblieb bis zum Ende der Arbeitszeit um 18 Uhr auf diesem hohen Niveau. Der Unterschied (mittlere Differenz 0,42) zwischen der Morgenmessung und der Mittagmessung war signifikant (Wilcoxon-Test, Median der Differenz 0,34, Minimum – 0,29, Maximum 1,2, zweiseitiges Signifikanzniveau $p < 0,001$). Für die Werte von Mittag- und Abendmessung war kein Unterschied nachweisbar (Median der Differenz – 0,05, Minimum – 0,61, Maximum 0,74, zweiseitiges Signifikanzniveau $p = 0,42$).

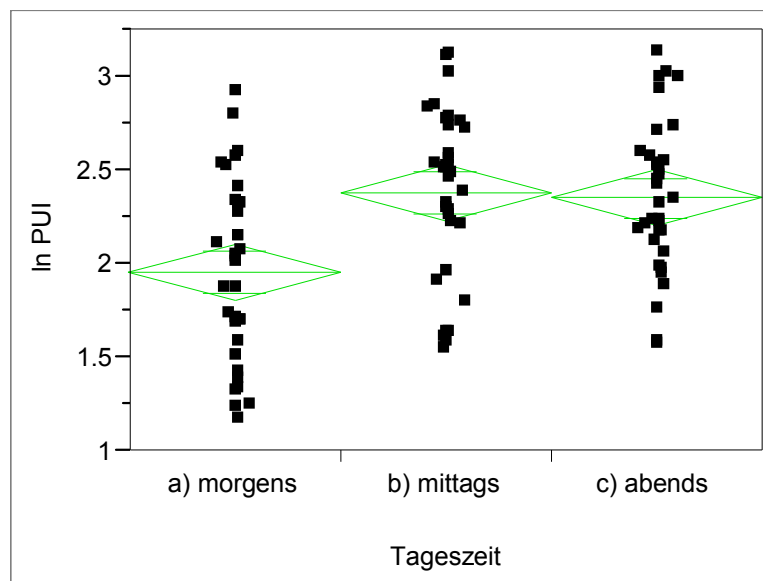


Abb. 25: InPUI zu den drei Messzeiten, U3 Olympiapark, n=34.

3.2.6. Anteile extrem schläfriger Messungen

Üblicherweise werden die PST-Ergebnisse in die Kategorien normal, grenzwertig und extrem schläfrig eingestuft. Dabei liegt der Grenzwert für auffällige Messungen, basierend auf dem Normwertbereich (Wilhelm et al 2001b) bislang bei einem InPUI von 9,8. Dieser Grenzwert stellt die Schwelle für Werte dar, die außerhalb des Mittelwerts plus zweier Standardabweichungen liegen. Selbst wenn man dieses obere Limit auf 12,8 (InPUI) nach oben verschiebt, wie die Streuung auf der Basis einer kürzlich abgeschlossenen PST- Multizenterstudie an 8 verschiedenen Zentren nahe legt, ergeben 50 % der Mittagmessungen massive Einschlafgefährdung. Dagegen beträgt dieser Anteil morgens 17% und abends 34%.

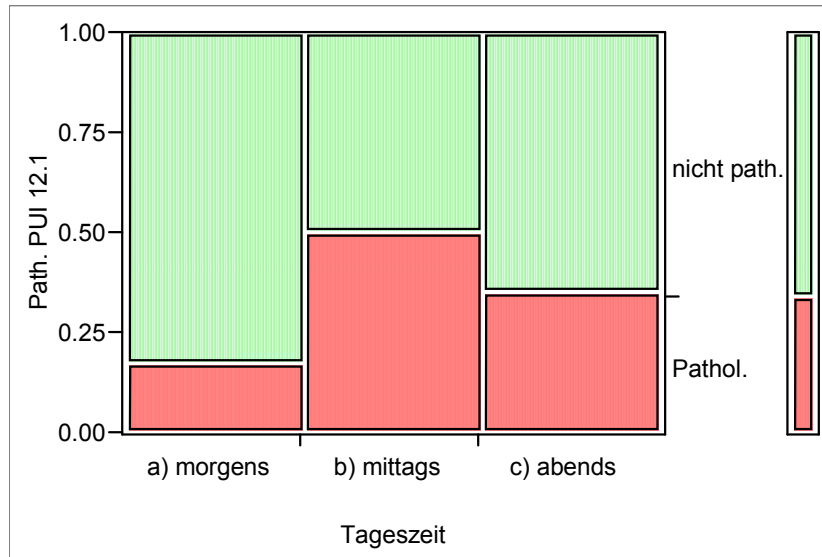


Abb. 28: Anteil auffällig schläfriger Messungen zu den drei Tageszeiten

3.2.7. Einschlafen während der PST-Messung

Bei der morgendlichen Messung mussten zwei Arbeiter geweckt werden, weil sie während der PST-Messung wiederholt einschliessen. Dies war mittags fünfmal erforderlich und abends dreimal.

3.2.8. PUI in Abhängigkeit vom Abstand zur Freiwoche

Die PUI-Werte zeigten keine Abhängigkeit von der Zeit, die seit der Freiwoche vergangen war.

3.2.9. Subjektive Schläfrigkeit (VAS)

Die Verteilung der Einstufung subjektiver Schläfrigkeit (höhere Werte stehen für stärkere Müdigkeit) ist in Abb. 29 dargestellt (Median 38, Minimum 0, Maximum 91).

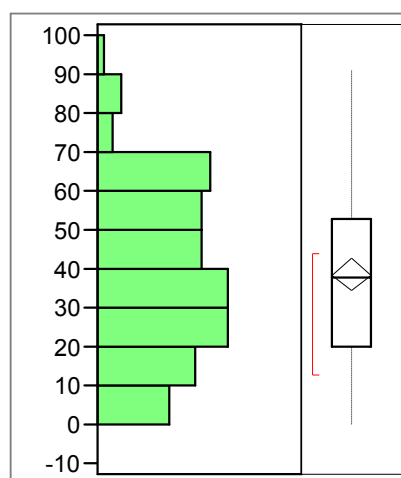


Abb. 29: Subjektive Schläfrigkeit (VAS, mm) U3 Olympiapark, n=34.

3.2.10. Vergleich subjektive Schläfrigkeit (VAS) zu den drei Messzeiten

Die eigenen Angaben der Probanden zur Müdigkeit zeigten insgesamt keine Unterschiede in Abhängigkeit von der Tageszeit (Friedman-Test, chi-square = 1,73, df = 2, p = 0,42). Die subjektive Müdigkeit unterschied sich zu den drei Messzeiten nicht (Wilcoxon-Test, Median der Differenz mittags minus morgens 1,00, Minimum – 77,00, Maximum 66,00, p = 0,95; Median der Differenz abends minus mittags 4,00, Minimum – 41,00, Maximum 44,00, p = 0,11).

3.2.11. Korrelationen

3.2.11.1. Korrelationen von PUI und VAS bezüglich Nachtschlaf und Zeitabstand zur Freiwoche zu verschiedenen Tageszeiten

Eine Auswirkung der Dauer des Nachtschlafs auf die PUI-Werte konnte zu keiner Tageszeit nachgewiesen werden.

Die subjektiv angegebene Schläfrigkeit (VAS) korrelierte zu keinem Zeitpunkt mit dem Nachtschlaf oder der Anzahl der Tage seit der Freiwoche.

3.2.11.2. Korrelationen zwischen PUI und VAS

Die PUI-Werte zu den verschiedenen Tageszeiten korrelierten untereinander stark (Morgen-Mittag: Spearman Rho 0,68; p<0,001; Morgen-Abend: Spearman Rho 0,74; p<0,001; Mittag-Abend: Spearman Rho 0,75; p<0,001).

Bei der subjektiven Schläfrigkeit (VAS) zeigte sich ein Zusammenhang hoher Werte am Mittag mit hohen Werten am Abend (Spearman Rho 0,41; p=0,02).

Korrelationen zwischen PUI und VAS waren zu keiner Tageszeit signifikant.

4. Diskussion

4.1. Zur vorliegenden Studie

In der vorliegenden Studie wurden erstmals Aspekte des Arbeitsschutzes mit dem PST am Arbeitsplatz untersucht. Die Studie greift zwei recht unterschiedliche Zielgruppen heraus, bei denen Schläfrigkeit besonders gefährlich erscheint: Ärzte und Bauarbeiter. Tagesschläfrigkeit kann beispielsweise durch Fehlentscheidungen bei verantwortungsvollen Tätigkeiten wie der ärztlichen Versorgung von Patienten schwerwiegende Folgen haben. Auch im Baugewerbe kann es zu gefährlichen Situationen und Unfällen, auf Grund von Folgen erhöhter Schläfrigkeit kommen.

Folgende Fragen sollten geklärt werden: Wie müde sind Ärzte nach dem Nachtdienst wirklich? Wie entwickelt sich Müdigkeit bei Bauarbeitern im Verlauf eines 12 Stunden-Arbeitstages? Unmittelbar vergleichbare Studien liegen zu beiden Fragestellungen nicht vor.

4.2. Einflüsse auf Messergebnisse beider Studienarme

Im Gegensatz zu sonstigen PST-Studien und üblichen Rahmenbedingungen des Tests (Wilhelm et al 2001b) mussten die Studienteilnehmer nicht 4 Stunden vor der Messung auf Koffein und Nikotin verzichten. Diese Frist wurde auf eine Stunde verkürzt, um die Akzeptanz der Studie auf Probandenseite zu erhöhen und alltagsnahe, robuste Studienergebnisse zu gewährleisten. Es ist von einer Senkung der PUI-Werte insgesamt durch diese Lockerung der Rahmenbedingungen auszugehen, da vor allem Koffein eine zentral stimulierende Wirkung hat (Stuiber et al., 2003). Während der Untersuchungszeit im Sommer 2003 herrschten durchgehend Außentemperaturen über 25° Celsius und häufig jenseits der 30° -Marke. Die Temperatur im Tunnel betrug bei der Baustelle Olympiapark München ebenso wie die im Messraum ca. 25°. Letztere wurden durch ein Klimagerät

aufrechterhalten. Dagegen waren die Studienteilnehmer im Krankenhaus zum Teil höheren Temperaturen ausgesetzt, da die Klinikräume größtenteils nicht klimatisiert waren. Die Größe von Temperatureinflüssen in diesem Zusammenhang ist nicht näher bekannt, wohl aber die Richtung: hohe Temperaturen erzeugen mehr Schläfrigkeit, wie sich auch in einer PST-Autobahnstudie 2002 zeigte (Binder et al., 2003).

4.3. Studienarm Kempten:

4.3.1. Methodische Besonderheiten und Probandenselektion

Bei der Rekrutierung der Probanden stellte sich heraus, dass - bei einer generell eher vorsichtigen Haltung der Studie gegenüber - vor allem diejenigen Ärzte nicht an der Studie teilnehmen wollten, die unter besonders hohen Arbeitsanforderungen und Zeitdruck standen. Zudem ist zu vermuten, dass bei Zeitverzögerungen der morgendlichen Messungen nach dem Nachtdienst die Ärzte mit der größten Müdigkeit am wenigsten motiviert waren, länger zu warten und deshalb am ehesten Messungen ausfallen ließen. Insgesamt dürften solche Faktoren einen Effekt auf die Messergebnisse in Richtung geringerer Schläfrigkeit ausgeübt haben. Dies ist zusätzlich zu den o.g. Einflussfaktoren, die in beiden Studienarmen wirksam waren, zu berücksichtigen. Deshalb ist zu vermuten, dass in den Ärzteguppen die Ergebnisse nicht ganz realistisch, sondern zu günstig ausfielen.

4.3.2. Schläfrigkeit durch Nachtdienst

Nachtarbeiter leiden gelegentlich unter hohem Schlafmangel und haben massive Ein- und Durchschlafschwierigkeiten (Bjørvatn et al., 1999). Im Vergleich zur durchschnittlichen Schlafdauer von Menschen, die tagsüber arbeiten, ist ihr Schlafzyklus um 2 bis 4 Stunden verkürzt (Åkerstedt et al., 1991; Kecklund et al., 1997; Torsvall et al., 1981). Der Schlaf am Tage ist störanfälliger, wird häufiger unterbrochen und erreicht zudem nicht die Tiefe des Nachtschlafs. Wie in zwei früheren Studien zu Auswirkungen von Schlafentzug und Wachzeit gezeigt wurde, steigen bei zweistündigem Messraster die PUI-

Werte stark an (Wilhelm et al., 2001a). Demgegenüber konnten die Ärzte in der vorliegenden Studie während des Bereitschaftsdienstes im Mittel rund 4 Stunden schlafen. Sie hatten ein deutliches Schlafdefizit von etwa 3 Stunden im Vergleich zu ihrem Nachtschlaf außerhalb der Bereitschaftsdienstes.

Dies spiegeln auch die subjektiven Maße, die bekanntermaßen aber stark von der Erwartungshaltung der betroffenen Person geprägt sind, sehr deutlich wider. Die Werte des PUI liegen nach dem Nachtdienst höher als unter Tagschichtbedingungen und drücken objektiv ebenfalls stärkere Tagesschläfrigkeit in den Vormittagsstunden aus. Günstig auf das Zustandekommen bzw. mäßigend auf das Ausmaß eben dieser Schläfrigkeit dürfte sich die Tatsache gleicher Wachzeit unter beiden Bedingungen ausgewirkt haben. Das heißt, in aller Regel war es den Ärzten während des Nachtdienstes möglich, am frühen Morgen nochmals eine Schlafpause einzulegen und etwa zur gleichen Zeit aufzustehen wie gewöhnlich. Nach Borbély (Borbély, 1982) wird das Auftreten von Schläfrigkeit wesentlich bedingt durch sowohl die Wachzeit, also die Zeit seit der letzten Schlafphase, als auch die Schlafdauer und zirkadiane Faktoren. Somit wurde vermutlich bei der untersuchten Gruppe durch die kurze zeitliche Distanz (im Mittel drei Stunden) zur letzten Schlafpause während des Nachtdienstes die Schläfrigkeit eingedämmt. Dabei ist bekannt, dass selbst sehr kurze Schlafpausen (sog. „power nap“, ca. 15 Minuten) Schläfrigkeit etwa 3 Stunden lang bessern können (Horne et al., 1996).

Frühere Untersuchungen (Wilhelm et al., 2001b.) mit dem PST zeigen - ebenso wie die vorliegende - eine deutliche Abhängigkeit des PUI von der Nachtschlafdauer auf, d.h. je kürzer die Schlafzeit in der Nacht, desto höher liegen die PUI-Werte. Immerhin war es den Ärzten dieser Studie möglich, eine Schlafpause von etwa 4 Stunden einzuhalten.

Es ist zu erwarten, dass die Schläfrigkeitswerte sehr viel höher ausfallen, falls – wie dies am Arbeitsplatz Krankenhaus durchaus auch vorkommen kann – noch kürzere oder gar keine Schlafpausen möglich sind.

4.4. Studienarm München:

4.4.1. Besondere Rahmenbedingungen

Motivation und Kooperation der slowakischen Bauarbeiter waren trotz der Sprachbarriere sehr gut. Allerdings zeigten sich die Arbeiter im Umgang mit der visuellen Analogskala trotz intensiver Erläuterungen in der Regel überfordert. Hier kamen offenbar Sprachprobleme zum Tragen, aber auch die ungewohnte Reflexion des eigenen Befindens beziehungsweise der Selbsteinschätzung anhand einer Skala. Diese Schwierigkeiten drücken sich in einer – auch im Vergleich zu den Kempten-Daten – schlechten Korrelation zwischen VAS und PUI aus (Korrelationskoeffizient 0,11, $p=0,29$). Die Ergebnisse der VAS sind in diesem Studienarm deshalb nur mit Vorbehalt zu bewerten.

4.4.2. Schläfrigkeit nach 8 und 12 Stunden Schichtarbeit unter Tage

Bei der Messung um 6 Uhr morgens lag der Mittelwert des InPUI auf gleichem Niveau wie der Mittelwert der Tagdienstbedingung im Klinikum Kempten. Nach 8 Stunden Arbeit unter Tage zeigen sich deutlich schläfriger Werte im Vergleich zum Morgen, dabei ist die Differenz mit 0,42 InPUI mehr als doppelt so groß wie der Unterschied, welcher bei der Ärztegruppe durch Nachtdienst entsteht (0,15 InPUI). Die Hälfte der Arbeiter liegt nach 8 Stunden Schichtdauer in einem Messwertebereich, der starke Einschlafgefährdung anzeigt. Bis zum Ende des 12-stündigen Zeitrahmens bleiben die Messwerte auf diesem hohen Niveau, obwohl der Anteil pathologischer Testresultate etwas zurückgeht. Da jeder 7. Arbeiter während der Mittags-Messung tatsächlich auch einschlieft, besteht ein nahe liegendes Unfallrisiko während der Tätigkeit. Frühere Untersuchungen bzw. Statistiken der Berufsgenossenschaften zeigen eine massive Zunahme der Unfallhäufigkeit jenseits der 8. Arbeitsstunde, die durchaus Folge dieser starken Müdigkeit sein kann.

Wie stark tageszeitliche Effekte den Mittagswert beeinflussen, kann aufgrund des groben Messrasters und des Fehlens einer zu gleichen Zeiten gemessenen

Kontrollgruppe nicht beantwortet werden. Man könnte einwenden, dass der vorliegende Befund ausschließlich durch ein so genanntes Nachmittagstief der in Vigilanz zu erklären. Dagegen spricht aber, dass die Messergebnisse auch am Ende der Arbeitszeit um 18 Uhr noch auf fast gleich hohem Niveau liegen. Auch das hohe Ausmaß des Unterschieds zwischen der Messung am Morgen und am Mittag lässt es unwahrscheinlich erscheinen, dass diese Differenz rein durch tageszeitliche Schwankungen bedingt ist. Litten die Arbeiter an Schlafmangel, der tagsüber zu hohen Müdigkeitswerten führte? Diese Frage lässt sich klar verneinen, da die übliche Schlafdauer der Mitarbeiter der Baustelle U3 als auch der Probanden im Klinikum Kempten im Mittel 7 Stunden betrug.

Bei Analysen von Messwertbeeinflussungen durch den zeitlichen Abstand zur Freiwoche fanden wir keine kumulativen Müdigkeitseffekte. Demnach waren Arbeiter, die am Ende der Arbeitswoche nach der Freiwoche untersucht wurden, nicht schläfriger als die an den ersten Messtagen nach Freiwoche untersuchten.

Bei der Interpretation der Schläfrigkeitwerte an der U3-Baustelle muss sicherlich auch berücksichtigt werden, dass alle Studienteilnehmer einer körperlich besonders anstrengenden Arbeit unter Tage mit besonderen Luft- bzw. Emissions-Bedingungen und einer kontinuierlichen Lärmbelastung ausgesetzt sind.

4.5. Arbeitszeitregelungen und Gesetze

Arbeitszeitregelungen vor allem im Bereich des Gesundheitswesens sind in der jüngsten Zeit in Diskussion und unterliegen Veränderungen. Das Europäische Parlament hat mit seinem Beschluss klargestellt, dass der Gesundheitsschutz für Klinikärzte und Patienten wichtiger ist als finanzielle Interessen von Mitgliedstaaten und Arbeitgebern. Kein Arzt soll im Durchschnitt mehr als 48 Stunden pro Woche arbeiten, um Übermüdung und Patientengefährdung vorzubeugen.

Im Protokoll des Europäischen Parlaments zur Arbeitszeitgestaltung (Revision der Richtlinie 93/104/EG) (2003/2165(INI)) werden unter anderem die

Kommission und die Mitgliedstaaten aufgefordert , einen Informationsaustausch über beispielhafte Verfahren innerhalb bereits bestehender Modelle zu fördern, um Lösungsmöglichkeiten Problemen der Arbeitszeitgestaltung aufzuzeigen. Zu diesen Lösungsmöglichkeiten zählen: Aufstockung des Personals, neue Arbeitsverfahren und Arbeitszeitschemata für einzelne Personalgruppen, neue Arten von Gesundheitsdiensten, Änderung der Zahl der Bereitschaftsdienste des medizinischen Personals, Entwicklung multidisziplinärer Teams, gezieltere Nutzung der Informationstechnologie und Ausweitung des Einsatzbereiches für nichtmedizinisches Personal.

Es besteht sicher die Hoffnung, dass weitere Studien wie die vorliegende folgen werden, um so mehr objektive Daten zu gewinnen. Das hier dargestellte Verfahren ist gut geeignet, auch unterschiedliche Schichtmodelle und Arbeitsschemata zu überprüfen und zu deren Optimierung beizutragen.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Da Schläfrigkeit eine wesentliche Ursache von Arbeitsunfällen ist und ihre Vermeidung ein Anliegen von Arbeitsschutzmaßnahmen darstellt, sollte erstmals mit einer objektiven Methode das Ausmaß der Schläfrigkeit am Arbeitsplatz unter besonderen Schichtbedingungen untersucht werden. Zur Klärung dieser Fragen wurden 34 Ärztinnen und Ärzte nach dem Nachtdienst sowie Arbeiter im Tunnelbau nach 12-stündiger Tagschicht mit dem Pupillographischen Schläfrigkeitstest (PST) gemessen. Dabei werden sog. Schläfrigkeitwellen der Pupille während einer Videoaufzeichnung im Dunkeln analysiert. Dies ist ein standardisiertes, normiertes Verfahren, mit dem man seit Jahren in der Schlafforschung und Schlafmedizin Tagesschläfrigkeit bzw. Wachheit bei Gesunden und Patienten objektiv erfasst.

Aus der ersten Pilotstudie mit objektiver Schläfrigkeitserfassung im Bereich des Gesundheitswesens bei Ärzten lässt sich schließen, dass auch bei Einhaltung des geltenden Arbeitszeitgesetzes deutlich erhöhte Schläfrigkeit nach dem Nachtdienst feststellbar ist. Dabei scheinen sich Schlafpausen in der zweiten Nachthälfte, die alle Teilnehmer dieser Untersuchung einlegen konnten, auf die Schläfrigkeit erwartungsgemäß günstig auszuwirken. Wie die festgestellte Schläfrigkeit sich bei einer Fortsetzung der Arbeitszeit während des Vormittags nach Nachtdienst weiterentwickelt hätte, kann aufgrund dieser Studie nicht beantwortet werden.

In der ersten Pilotstudie mit objektiver Schläfrigkeitserfassung nach unterschiedlich langen Arbeitszeiten zeigte sich, dass bereits nach 8 Stunden Arbeitszeit in Tagschicht bei starker körperlicher Anstrengung ausgeprägte Schläfrigkeit feststellbar ist. Bereits nach dieser Zeit zeigen 50% der Arbeiter starke Einschlafgefährdung. Am Ende eines 12 Stunden-Tages liegen die Messwerte noch auf dem gleichen, kritischen Niveau. Die Rolle tageszeitlicher Effekte auf die Messwerte könnte in künftigen Studien mit einem dichteren

Messraster überprüft werden. Es stellt sich die Frage, ob der massiven Schläfrigkeit mit besonderer Gestaltung von Pausen oder einer kürzeren Schichtdauer vorgebeugt werden kann.

6. Literatur

Åkerstedt, T., Kecklund, G., Knutsson A. (1991)
Spectral analysis of sleep electroencephalography in rotating three-
shift-work.
Scan J. Work Environ. Health 17, 330-336

Åkerstedt, T. (1995a)
Work hours, sleepiness and accidents
Introduction and summary
J. Sleep Res. 4, 1-3

Åkerstedt, T. (1995b)
Work hours, sleepiness and the underlying mechanisms
J. Sleep Res. 4, 15-22

Åkerstedt, T. et al (2000)
Consensus statement: Fatigue and accidents in transport operations
European Sleep Research Society 2000
J Sleep Res 9, 395

Åkerstedt T., Kecklund G., Hörte L.-G. (2001)
Night Driving, Season, and the Risk of Highway Accidents
Sleep 24, 401-406

Beermann B. (1997)
Leitfaden zur Einführung und Gestaltung von Nacht- und
Schichtarbeit. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,
ISBN 3-88261-360-2

Binder R, Weeß HG, Wilhelm B, Lüdtk H, Grellner W, Steinberg R.
(2003)
Anteil erhöhter Schläfrigkeitwerte bei Kraftfahrern und deren
Ursachen: Ergebnisse zweier Feldstudien.
DGVM-Kongress, Magdeburg

Bjørvatn B., Kecklund G., Åkerstedt T. (1999)
Bright light treatment used for adaptation to night work and re-adaptation back to day life. A field study at an oil platform in the North Sea
J. Sleep Res. 8, 105-112

Borbély A. (1982)
Sleep regulation: Circadian rhythm and homeostasis.
In: Ganten D., Pfaff D. (Eds) Sleep. Clinical and Experimental aspects.
Springer Verlag, Berlin, 83 - 104

Danker- Hopfe H., Krämer S., Dorn H., Schmidt A., Ehlert A., Herrman W.M. (2000)
Time-of-Day variations in different measures of sleepiness (MSLT, pupillography and SSS) and their interrelations.
Psychophysiology 38, 828-835

Danker- Hopfe H., Krämer S., Dorn H., Schmidt A., Ehlert A., Herrman W.M. (2001)
Time-of-Day variations of Indicators of Attention: Performance, Physiologic Parameters, and Self- Assessment of Sleepiness.
Biol. Psychiatry 48, 1069-1080

Hänecke K, Tedemann S Nachreiner F, Grzech-Sukola H. (1998),
Accident risk as a function of hour at work and time of day as determined from accident data and exposure models for the German working population.
Scandinavian Journal of Work, Environment and health 24, 43-48

Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R., Dement, W.C., (1973)
Quantification of sleepiness : A new approach
Psychophysiology 10, 431-436

Horne JA, Reyner LA. (1995)
Driver sleepiness.
J Sleep Res 4, 23-29

Horne, J.A., Reyner, L.A. (1996)
Counteracting driver sleepiness : Effects of napping, caffeine, and placebo
Psychophysiology 33, 306-309

Horne, J.A., Reyner, L.A. (1999)
Vehicle accidents related to sleep : a review
Occupational and environmental Medicine 56, 289-294

Kecklund, G., Åkerstedt, T., Lowden, A. (1997)
Morning work: Effects of Early Rising on Sleep and Alertness
Sleep 20, 215- 223

Kecklund G et al. (1998)
Sleep disorders and industrial accidents.
J. Sleep Res. 7,131

Kecklund G et al. (1999)
Difficulties awakening and accident involvement.
Sleep Research Online, 2 (Suppl)

Loewenfeld, I.E. (1999)
The pupil. Anatomy, physiology and clinical applications.
Butterworth & Heinemann

Lowenstein, O., Feinberg, R., Loewenfeld, I.E (1963)
Pupillary movements during acute and chronic fatigue
Invest Ophthalmol Vis Sci 2, 138-157

Lowenstein, O., Loewenfeld, I.E (1964)
The sleep-waking cycle and pupillary activity
Ann N Y Acad Sci 117, 142-156

Lüdtke, H., Wilhelm, B., Adler, M., Schaeffel, F., Wilhelm, H. (1998)
Mathematical procedures in data recording and processing of pupillary fatigue waves
Vision Research 38, 2889- 2896

Lüdtke, H., Körner, A., Wilhelm, B., Wilhelm, H. (2000)
Reproduzierbarkeit des pupillographischen Schläfrigkeitstests bei
gesunden Männern.
Somnologie 4, 170-172

Philip P, Vervialle F, Breton P, Taillard J and Horne JA. (2001)
Fatigue, alcohol and serious road crashes in France- factorial study
of national data,
BMJ 322: 829

Sallinen, M., Härmä, M., Åkerstedt, T., Rosa R., Lillqvist O. (1998)
Promoting alertness with a short nap during a night shift
J. Sleep Res. 7, 240- 247

Sallinen, M., Härmä, M., Mutanen, P., Ranta, R., Virkkala, J.,
Müller, K. (2003)
Sleep-wake rhythm in an irregular shift system.
J. Sleep Res. 12, 103-112

Stuiber G, Lüdtke H und Wilhelm B. (2003)
Effects of caffeine on the results of the pupillographic sleepiness test
in normal healthy subjects.
Somnologie 7 (Suppl 1): 54,

Tilley A.J, Wilkinson R.T, Warren P.S.G, Watson W.B, Drud M.
(1982)
The sleep and performance of shift workers.
Hum Factors 24, 624-641

Trepel, M. (1999)
Neuroanatomie. Struktur und Funktion
2. Aufl., Urban & Fischer, München-Jena

Torsvall L., Åkerstedt T., Gillberg M. (1981)
Age, sleep and irregular work hours. A field study with
electroencephalographic recording, catecholamin excretion and self-
ratings.
Scan J. Work Environ. Health 7, 196-203

Torsvall L., Akerstedt T., Gillander K., Knutsson A. (1989)
Sleep on the night shift: 24-hours EEG monitoring of spontaneous
sleep/wake behaviour. *Psychophysiology* 26, 352-358

Weeß, H.-G., Sauter C., Geisler P., Böhning W., Wilhelm B., Rotte
M., Gresele C., Schneider C., Schulz H., Lund, R., Steinberg R. und
die Arbeitsgruppe Vigilanz der Deutschen Gesellschaft für
Schlafforschung und Schlafmedizin(DGSM) (2000)
Vigilanz, Einschlafneigung, Daueraufmerksamkeit, Müdigkeit,
Schläfrigkeit-
Dianostische Instrumentarien zur Messung müdigkeits- und
schläfrigkeitsbezogener Prozesse und deren Gütekriterien
Somnologie 4, 20-38

Weeß, H.-G., Binder R., Grellner W., Lüdtker H., Wilhelm B.,
Steinberg R. (2001)
Verkehrsgefährdung infolge Schläfrigkeit am Steuer: Eine
Untersuchung auf einer deutschen Bundesautobahn.
Somnologie 5 (Suppl 2), 58

Wilhelm, B., Wilhelm, H., Lüdtker, H., Adler, M., Streicher, P. (1996a)
Pupillographie zur objektiven Vigilanzprüfung. Methodische
Probleme und Lösungsansätze
Ophthalmologie 93, 446-450

Wilhelm, B., Wilhelm, H., Streicher, P., Lüdtker, H., Adler, M. (1996b)
Pupillographie als objektiver Vigilanztest
Wien Med Wochenschr 146, 387-389

Wilhelm, B., Wilhelm, H., Lüdtker, H., Streicher, P., Adler, M. (1998a)
Pupillographic Assessment of Sleepiness in Sleep-deprived Healthy
Subjects
Sleep 21, 258-265

Wilhelm, B., Lüdtker, H., Widmaier, D., Wilhelm, H., Rühle, K.H.
(1998b)
Therapy control in sleep apnea patients by means of a
pupillographic sleepiness test
Sleep Suppl 21, 266

Wilhelm, H., Lüdtker H., Wilhelm, B. (1998a)
Pupillographic sleepiness testing in hypersomniacs and normals
Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol 236, 725-729

Wilhelm, H., Lüdtker H., Wilhelm, B. (1998b)
Pupillary fatigue waves: Objective Assessment of sleepiness
Sleep Suppl 21, 62

Wilhelm, B., Rühle, K.H., Widmaier, D., Lüdtker, H.(1998c)
Objektivierung von Schweregrad und Therapieerfolg beim
obstruktiven Schlafapnoe- Syndrom mit dem pupillographischen
Schläfrigkeitstest
Somnologie 2, 51-57

Wilhelm, B., Lüdtker, H., Wilhelm, H. (1999)
Spontaneous pupillary oscillations- An objective measure for the
level of tonic central nervous activation
in: Kuhlmann, J., Böttcher, M. : Pupillography: Principles, Methods
and Application
Vol.18, W. Zuckschwerdt Verlag, München- Bern- Wien- New York

Wilhelm, B., Giedke H., Lüdtker, H., Bittner, E., Hofmann A., Wilhelm,
H. (2001a)
Daytime variations in central nervous system activation measured by
a pupillographic sleepiness test
J. Sleep. Res. 10, 1-7

Wilhelm, B., Körner, A., Heldmaier, K., Moll, K., Wilhelm, H., Lüdtker,
H. (2001b)
Normwerte des pupillographischen Schläfrigkeitstests für Frauen und
Männer zwischen 20 und 60 Jahren.
Somnologie 5, 115-120

Zulley Z., Cronlein T., Hell W., Langwieder K. (1995)
Falling asleep at the wheel: the chief cause of severe traffic
accidents.
Wien Med Wochenschr. 145, 17-18

Danksagung

Für den erfolgreichen Abschluß der vorliegenden Arbeit schulde ich vielen Menschen meinen herzlichen Dank.

Mein besonderer Dank gilt Frau PD Dr. med. Bärbel Wilhelm für die intensive Betreuung dieser Arbeit, für die Einarbeitung in das Themengebiet, dafür, dass sie bei Rückfragen jederzeit zur Verfügung stand und für die Geduld bei der Korrektur des Manuskriptes.

Großen Dank schulde ich auch Frau Cornelia Köhler und Herrn Wilhelm Durst, für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Erfassung der Daten in Kempten und München. Die Zusammenarbeit mit ihnen war eine wichtige Voraussetzung für das Entstehen und das Gelingen der Arbeit.

Ein besonderes Dankeswort gilt auch Herrn Dipl.-Phys. Holger Lüdtkke, auf dessen Hilfe ich bei statistischen Fragen immer vertrauen konnte.

Mein Dank gilt auch allen, die an den Messungen für diese Studie teilgenommen haben. Durch das freundliche und engagierte Interesse und die Unterstützung vor Ort von Frau Jürss und Herrn Dr. med. Vogt in Kempten, sowie von Herrn Uschold und seinen Mitarbeitern an der Baustelle U3 Olympiapark in München wurde die Studie nicht nur erst möglich, sondern ihre Realisierung auch ein Freude.

Ohne den Auftraggeber Herrn Ministerialrat Dr. med. Gerhard Otto, vom Bayrischen Staatsministerium für Gesundheit, Ernährung und Verbraucherschutz wäre die vorliegende Arbeit wohl in dieser Form nie zustande gekommen

Besonders danken möchte ich meinen Eltern ohne deren Unterstützung das Studium der Medizin und diese Doktorarbeit nicht möglich gewesen wären.

Tübingen, September 2005

Anja Widmann

Lebenslauf

Name	Anja Widmann
Geburtsdatum, -ort	03. Februar 1980 in Bad Homburg v.d.H
Familienstand	ledig
Eltern	Helmut Widmann, Wirtschaftsingenieur Ellen Widmann, geb. Höfer, Lehrerin
Geschwister	ein Bruder und eine Schwester, 22 und 24 Jahre alt
Schulbildung	<ul style="list-style-type: none">○ 1986 – 1988 Grundschule „Mi Colegio“, Santo Domingo, Dominikanische Republik○ 1988–1990 Grundschule, Tamm, Deutschland○ 1990 – 1996 Gymnasium der“ Oscar- Paret-Schule“, Freiberg a. N, Deutschland○ 1996-1999 Oberstufe, „Colegio Alemán Alexander v. Humboldt“, Mexiko- City○ Juni 1999 Abitur, „Colegio Alemán Alexander v. Humboldt“, Mexiko- City
Berufliche Ausbildung	<ul style="list-style-type: none">○ April 2000 Begin des Studiums der Humanmedizin an der Eberhard-Karl-Universität ,Tübingen○ März 2002 Ärztliche Vorprüfung○ März 2003 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung○ September 2005 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung○ November 2006 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Stuttgart, den 20. Oktober 2006