
Nächtliche Verkehrslärmwirkungen auf Schlaf, Leistung
und Befinden unter der Berücksichtigung von
Persönlichkeitsmerkmalen

Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Philosophie
an der Universität Dortmund (Fachbereich 14)

vorgelegt von
Anke Marks
aus Dortmund

Dortmund, im August 2006

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank geht an Frau Professor Dr. Barbara Griefahn, die mir als Leiterin der Projektgruppe Chronobiologie jederzeit mit ihrer langjährigen wissenschaftlichen Erfahrung und Expertise zur Seite stand. Gleichzeitig möchte ich mich bei allen Arbeitskolleginnen und -kollegen des Projektes für ihre tatkräftige Unterstützung während der gesamten Zeit meines Promotionsvorhabens bedanken. Ohne sie wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Ich danke Herrn Professor Dr. Klaus-Helmut Schmidt für die fachliche Beratung, die konstruktiven Ideen und die organisatorische Unterstützung.

Herrn Professor Dr. Uwe Kleinbeck sei gedankt für die Übernahme der gutachterlichen Tätigkeit.

Zum Schluss möchte ich mich bei Bernd Albers bedanken, dem es mit seiner Liebe, Geduld, Kompromiss- und Hilfsbereitschaft gelang, mir die Zeit meiner Promotion so angenehm wie möglich zu gestalten.

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	6
THEORIE.....	8
1 Schlaf.....	8
1.1 Geschichtlicher Überblick der Schlafforschung	8
1.2 Funktionen des Schlafes	9
1.3 Methoden der Schlafbeurteilung/Quantifizierung.....	10
1.3.1 Polysomnographie	10
1.3.2 Aktimetrie.....	11
1.3.3 Subjektive Befragung.....	11
1.4 Physiologie des Schlafes.....	12
1.4.1 Das Schlafprofil.....	12
1.4.2 Zirkadianer Schlaf-/Wach-Rhythmus	13
1.5 Individuelle und situative Determinanten des Schlafs.....	14
1.6 Schlafdeprivationsuntersuchungen.....	15
1.7 Schlafstörungen.....	17
1.7.1 Lärm als mögliche Ursache für Schlafstörungen	17
1.7.1.1 Exkurs Schall.....	18
1.7.1.2 Belastungs- und Beanspruchungsbeziehungen	19
1.7.2 Vermittelnde Faktoren zwischen Lärm und Reaktion.....	20
1.7.3 Folgen lärmbedingter Schlafstörungen.....	22
2 Persönlichkeit	24
2.1 Eigenschaftstheoretische Definition von Persönlichkeit.....	24
2.2 Auswahl der Persönlichkeitsmerkmale	24
2.3 Biopsychologische Theorien der Persönlichkeit	26
2.2.1 Extraversion.....	26
2.2.2 Neurotizismus.....	27
2.4 Studien über die Zusammenhänge mit Extraversion	28
2.4.1 Zusammenhang zwischen Extraversion und Schlaf	28
2.4.2 Zusammenhang zwischen Extraversion und Befindlichkeit.....	29
2.4.3 Zusammenhang zwischen Extraversion und Leistung.....	30
2.5 Studien über die Zusammenhänge mit Neurotizismus	30
2.5.1 Zusammenhang zwischen Neurotizismus und Schlaf.....	30
2.5.2 Zusammenhang zwischen Neurotizismus und Befinden	31
2.5.3 Zusammenhang zwischen Neurotizismus und Leistung.....	32
3 Hypothesen.....	33
3.1 Generelle Lärmwirkungshypothesen	33
3.2 Hypothesen zur Extraversion.....	34
3.3 Hypothesen zum Neurotizismus	36
METHODEN	37
1 Stichprobe.....	37
1.1 Erste Selektion.....	37
1.2 Zweite Selektion	38

2	Experimentelles Vorgehen	40
2.1	Experimentelle Vorphase.....	40
2.2	Experimenteller Ablauf.....	41
3	Versuchsplan	43
3.1	Allgemeiner Versuchsplan	43
3.2	Geräuschexpositionen	44
4	Messinstrumente.....	46
4.1	Fragebögen	46
4.1.1	Das Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI-R)	46
4.1.2	Der Morgenfragebogen.....	47
4.2	Das Polysomnogramm	49
4.2.1	Die Ableittechnik und Elektrodenplatzierung	49
4.2.2	Epochenweise Beurteilung des Polysomnogramms	50
4.2.3	Kriterien zur Beurteilung des Schlafes	51
4.2.4	Schlafparameter	53
4.3	Leistungstests.....	54
4.3.1	Go/Nogo-Aufgabe.....	54
4.3.1.1	Einfache Go/Nogo-Aufgabe	55
4.3.1.2	Komplexe Go/Nogo-Aufgabe.....	55
4.3.2	Switchaufgabe	55
5	Statistische Auswertungen.....	57
ERGEBNISSE		58
1	Ergebnisse zum Methodenteil.....	58
1.1	Interrater-Reliabilitäten bei der Polysomnogrammauswertung	58
1.2	Subjektive Schlafbeeinträchtigung.....	59
2	Hypothesenergebnisse	63
2.1	Ergebnisse zu den generellen Lärmwirkungshypothesen.....	63
2.1.1	Ergebnisse Hypothese 1	63
2.1.2	Ergebnisse Hypothese 2 a.....	65
2.1.3	Ergebnisse Hypothese 2b.....	68
2.1.4	Ergebnisse Hypothese 3.....	70
2.2	Ergebnisse zu den Extraversionshypothesen	77
2.2.1	Ergebnisse zu Hypothese 4	78
2.2.2	Ergebnisse zu Hypothese 5	80
2.2.3	Ergebnisse zu Hypothese 6	82
2.2.4	Ergebnisse zu Hypothese 7	83
2.3	Ergebnisse zu den Neurotizismushypothesen	85
2.3.1	Ergebnisse zu Hypothese 8	86
2.3.2	Ergebnisse zu Hypothese 9	88
2.3.3	Ergebnisse zu Hypothese 10	90
2.3.4	Ergebnisse zu Hypothese 11	91

DISKUSSION	93
1 Diskussion zum Methodenteil.....	93
1.1 Interrater-Reliabilität	93
1.2 Subjektive Schlafbeeinträchtigung.....	94
2 Lärmwirkungshypothesen	95
2.1 Primärreaktionen	95
2.2 Sekundärreaktionen.....	96
2.3 Pegelabhängigkeiten	999
3 Extraversion.....	101
3.1 Physiologische Schlafparameter.....	101
3.2 Subjektive Schlafparameter	102
3.3 Befinden	104
3.4 Leistung	105
4 Neurotizismus	108
4.1 Physiologische Schlafparameter.....	108
4.2 Subjektive Schlafparameter	109
4.3 Befinden	110
4.4 Leistung.....	110
ZUSAMMENFASSUNG.....	112
LITERATUR.....	114
ANHANG	124

EINLEITUNG

Mobilität spielt in Zeiten der Globalisierung eine tragende Rolle und ist für eine zukunftsorientierte Gesellschaft unverzichtbar. Die Umsetzung der steigenden Mobilitätsbedürfnisse äußert sich in einem stetig dichter werdenden Verkehrsaufkommen innerhalb und außerhalb der Städte. Trotz erheblicher Reduktion der Lärmemission einzelner Fahrzeuge bleibt der Verkehr weiterhin unvermeidbar mit Lärm verbunden.

Der Verkehrslärm ist zu einem der größten Umweltprobleme unserer heutigen Gesellschaft geworden. Sowohl der Luftverkehr als auch der Güterverkehr auf Straßen und Schienen wird im Jahre 2010 um 80% und der Stadtverkehr um 50% höher sein als im Jahr 1995. Dabei wird die Zunahme des Verkehrsaufkommens besonders die Nachtstunden betreffen [European Commission 1997]. Ein Ende der Entwicklung ist nicht abzusehen.

Nächtlicher Verkehrslärm kann sich primär negativ auf den Schlaf auswirken. So können die Schlafdauer und die Struktur des Schlafes gestört sein, was dazu führen kann, dass die Erholungsfunktion des Schlafes nicht vollständig erhalten bleibt. Ein gestörter Schlaf kann wiederum die subjektiv empfundene Schlafqualität, das Befinden sowie die Leistung am nachfolgenden Tag beeinflussen.

Vor diesem Hintergrund wurde 1999 der nationale Forschungsverbund „Leiser Verkehr“ gegründet, um mit Hilfe von technischen, operationellen und administrativen Maßnahmen eine umfassende Lärmreduktion voranzutreiben. Vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert, schlossen sich über 90 Partner (Behörden, Betreiber, Forschungseinrichtungen, Universitäten und die Industrie) in fünf Sektionen zusammen, um den Verkehrslärm ganzheitlich anzugehen. Die vorliegenden Daten wurden in der Sektion Lärmwirkung unter der Leitung von Frau Prof. Griefahn für die Einzelaufgabe 2311 „Lärmbedingte Schlafstörungen – Einfluss von Verkehrslärmarten, Frequenzspektren und temporärer Verkehrsruhe“ erhoben.

Die Effekte nächtlicher Lärmeinwirkungen sind mannigfaltig. In ihrer Ausprägung weisen sie jedoch eine große Bandbreite an individuellen Unterschieden auf, die

nahe legen, dass neben akustischen Einflüssen auch außerakustische Faktoren für das Ausmaß der Lärmwirkung relevant sind. Persönlichkeit könnte ein Zugang sein, diese individuellen Unterschiede in Bezug auf Lärmreaktionen zu verstehen und vorherzusagen. Es ist allerdings bisher noch unklar, wie wichtig Persönlichkeitsmerkmale für das Auftreten von lärminduzierten Beeinträchtigungen sind.

Mit Hilfe der zwei Persönlichkeitseigenschaften Extraversion und Neurotizismus sollen in der vorliegenden Arbeit die individuellen Reaktionen auf nächtliche Verkehrsgeräusche hinsichtlich des Schlafes sowie des Befindens und der Leistung am nächsten Morgen beschrieben und erklärt werden.

THEORIE

Der Theorieteil ist in drei Teile gegliedert, wovon der erste Teil einen Abriss über die Schlafforschung mit entsprechenden Messinstrumenten sowie die Folgen lärmbedingter Schlafstörungen und dessen Einflussfaktoren gibt. Im zweiten Teil wird die Auswahl der zwei Persönlichkeitseigenschaften Extraversion und Neurotizismus begründet und ein Überblick über die bisherigen Studien zum Zusammenhang dieser beiden Eigenschaften mit dem Schlaf, der Leistung und dem Befinden beschrieben. Der dritte Teil stellt die aus den vorherigen Kapiteln abgeleiteten Hypothesen dar.

1 **Schlaf**

Das Wort „Schlaf“ ist altgermanischen Ursprunges, abgeleitet vom Verb „schlafen“ und bedeutet „schlapp werden“ [Duden 1963]. Eine allgemeingültige Definition von Schlaf existiert nicht. Die allgemeinen Beschreibungen reichen von „geänderter Bewusstseinslage“ [Berger 1992] bis zu „reversible, periodisch auftretende Verhaltensweise mit qualitativ verändertem Bewusstsein“ [Griefahn 1985]. Aufgrund von offenen Informationskanälen kann dieser veränderte Bewusstseinszustand jedoch jederzeit durch geeignete Reize unterbrochen werden.

1.1 **Geschichtlicher Überblick der Schlafforschung**

Schon im Mittelalter galt der Schlaf als Zustand erloschener Aktivität (Schlaf als Bruder des Todes) und wurde mit mystischen Inhalten besetzt. Doch ein naturwissenschaftliches Interesse fehlte lange. Die moderne Schlafforschung begann Ende des 19. Jahrhundert mit Kohlschütter, der 1883 anhand von Weckversuchen erstmals eine Schlafiefenkurve beschreibt.

Der Durchbruch der wissenschaftlichen Schlafforschung gelang erst knapp 50 Jahre später, als Berger 1929 in Jena erstmals das Elektroenzephalogramm am ungeöffneten Schädel des Menschen aufzeichnete und somit elektrische Hirnströme von der Schädeloberfläche abgeleitet werden konnten. Die Ströme, die er mit einfachsten Registriergeräten erhielt, waren kaum größer als der vom Gerät selbst verursachte Rauschpegel. Trotzdem gelang es ihm, bei wachen Personen

regelmäßige Wellen von 10 Hz aufzuzeichnen, die heute allgemein als „Alpha-Wellen“ bekannt sind [Borbély 1998].

Nach anfänglicher Skepsis beschäftigten sich zunehmend mehr Physiologen mit dem Thema Schlaf. 1936 entdeckten Loomis, Davis und deren Mitarbeiter typische Veränderungen des Schlaf-EEGs und stellten fest, dass eine Verlangsamung der EEG-Frequenz und eine Vergrößerung der Amplitude mit einer Zunahme der Schlaftiefe einhergehen. Basierend auf den vorherrschenden Frequenzen und Amplituden sowie den charakteristischen Wellenformationen teilten die Forscher das Hirnstrombild in fünf Stadien (A bis E) ein [Loomis et al. 1937].

Die entscheidende Entwicklung im Hinblick auf die moderne Schlafiefenanalyse wurde durch die Entdeckung des REM-Schlafes (Rapid Eye Movement) im Jahre 1953 in Chicago ermöglicht [Aserinsky et al. 1953]. Nathaniel Kleimann interessierte sich für die langsamen, pendelnden Augenbewegungen beim Einschlafvorgang und beauftragte seinen Doktoranden Eugene Aserinsky mit der genaueren Betrachtung dieses Phänomens. Dieser stellte mitten im Schlafvorgang Veränderungen im Elektrookulogramm fest und entdeckte damit einen grundlegend neuen Abschnitt des Schlafs. Nach der Entdeckung des REM-Schlafs wurden die Kriterien zur Klassifikation des Schlafes von mehreren Wissenschaftlern gemeinsam überarbeitet und von Rechtschaffen und Kales [1968] veröffentlicht. Diese Kriterien finden auch in der heutigen Schlafforschung noch internationale Verwendung [Borbély 2004].

1.2 Funktionen des Schlafes

Obwohl der Schlaf zu den am häufigsten untersuchten Problemkreisen gehört, ist noch immer unklar, welche Funktionen er erfüllt. Evolutionsbiologisch betrachtet ist es wahrscheinlich, dass er eine für das Leben wichtig Anpassung an die Umwelt darstellt. Er dient der Restitution und Erholung und ist gekennzeichnet durch körperliche Ruhe, Muskelentspannung, verminderte Herz- und Atemtätigkeit und durch die Verdauung der Nahrung. Es ist vor allem das parasympathische Nervensystem, das in diesen Phasen aktiviert ist, während die Aktivität des sympathischen Nervensystems vermindert ist [Borbeley 2004]. Der Schlaf stellt somit offensichtlich ein essentielles Bedürfnis dar.

Mit Hilfe von Schlafdeprivationsexperimenten (siehe Kapitel 1.6) und neuerdings auch mit bildgebenden Verfahren wie der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRI) oder der Positronenemissionstomographie (PET) [z.B. Anderer et al. 2002, Maquet 2000] wird versucht, Ursachen, Mechanismen und Funktionen des Schlafes aufzuklären. Da selbst lang anhaltender Schlafentzug vergleichsweise geringe Folgen hat und sich diese nach maximal zwei Schlafperioden vollständig zurückbilden [Horne 1988], sind Schlussfolgerungen auf die Funktion des Schlafs immer noch nur begrenzt möglich.

1.3 Methoden der Schlafbeurteilung/Quantifizierung

Zur Beurteilung des Schlafs werden hauptsächlich drei Methoden (Polysomnographie, Aktimetrie und subjektive Befragung) benutzt, die sich in ihrem Aufwand, ihrer Reliabilität und Validität sehr voneinander unterscheiden.

1.3.1 Polysomnographie

Die differenzierteste Information über den Schlaf bietet das Polysomnogramm, bei dem mit Hilfe von elektrophysiologischen Indikatoren eine Beurteilung der Schlaftiefe erfolgen kann. Das Polysomnogramm besteht aus dem EEG (Elektroenzephalogramm), das die Hirnströme registriert, aus dem EOG (Elektrookulogramm), mit dem Augenbewegungen erfasst werden und dem EMG (Elektromyogramm), anhand dessen der Muskeltonus aufgezeichnet wird.

Anhand der von Rechtschaffen & Kales [1968] zusammengetragenen Kriterien wird die Beurteilung des Schlafs epochenweise, das bedeutet für jeweils 30 Sekunden, vorgenommen. Trotz detaillierter Auflistung der Kriterien zur Beurteilung der Schlaftiefe bleibt ein gewisser Entscheidungsspielraum bei den Auswertern vorhanden, der die Reliabilität des Verfahrens beeinträchtigen kann [Penzel et al. 2003]. Die Auswertung der Polysomnogramme erfordert daher geschulte und erfahrene Beurteiler.

Nachteil dieser Methode ist der außerordentlich hohe Zeitaufwand, die Beurteilung einer Nacht beansprucht in einfachen Fällen selten weniger als zwei Stunden, in

schwierigen Fällen sogar häufig länger. Da bisher existierende Softwareprogramme zur automatischen Kodierung der Schlafstadien nur unzureichende Ergebnisse lieferten, kann auf eine visuelle Klassifizierung derzeit nicht verzichtet werden.

1.3.2 Aktimetrie

Mit Hilfe eines uhrähnlichen Gerätes, das in der Regel am Handgelenk getragen wird, werden alle zwei Sekunden mit einem Beschleunigungsaufnehmer Körperbewegungen bei Überschreitung einer festgelegten Grenze registriert und aufgezeichnet. Da die Bewegungshäufigkeit während des Schlafes deutlich abnimmt, wird die Aktimetrie zur Erkennung des Schlaf-Wach-Wechsels genutzt. In dem Übersichtsartikel von Ancoli-Israel et al. [2003] zur Rolle des Aktimeters in der Schlafforschung wurden 171 Artikel aus den Jahren 1995 bis 2003 analysiert. Dabei zeigte sich, dass Aktimeter eine relativ gute Sensitivität aufweisen, d.h. dass Schlaf verglichen mit Polysomnogrammdaten relativ gut (>90%) erkannt wird. Jedoch weisen Aktimeter eine unzureichende Spezifität (Anteil der richtig als wach erkannten Minuten) auf, die vor allem auf unterschätzte Einschlaf dauern und überschätzte Gesamtschlafzeiten zurückzuführen ist.

Trotz einfacher Handhabung und ökonomischer Auswertung erlauben Aktimeter keine zuverlässige Erfassung der Schlaf- und Wachdauer und sind daher für wissenschaftliche Studien eher abzulehnen. Ein Einsatz von Aktimetern sollte nur dann vorgenommen werden, wenn Polysomnogramm-Aufzeichnungen nicht möglich sind oder als Kontrolle des Schlaf-Wachrhythmus an versuchsfreien Tagen.

1.3.3 Subjektive Befragung

Eine sehr häufig verwendete, leicht durchzuführende und auszuwertende Methode ist die Abfrage bestimmter Schlafparameter (z.B. Einschlafdauer, Schlaftiefe, Schlafdauer, Bewegungshäufigkeit, Erholung). Da eine exakte Selbstbeobachtung im Schlaf nicht möglich ist und subjektive Informationen über den Schlaf nur im wachen Bewusstseinszustand erhoben werden können, stellt sich bei dieser Methode die Frage der Validität.

Die Beurteilung der Schlaftiefe ist verglichen mit der Polysomnographie äußerst unzureichend. Das Gefühl, tief geschlafen zu haben, stimmt nur zufällig mit der Zeit im Tiefschlaf überein. Zudem ist man nicht in der Lage, die Dauer im Traumschlaf realistisch einzuschätzen. Anders verhält es sich mit der Schlafdauer, der Einschlafdauer, den Körperbewegungen sowie der Anzahl und der Gesamtzeit intermittierender Wachphasen, wo eine recht gute Übereinstimmung zu beobachten ist. Die Anzahl der eingestreuten Wachphasen wird dagegen meist etwas unterschätzt, da die einzelne Wachperiode im Allgemeinen erst bei einer Dauer von mindestens vier Minuten erinnert wird [Kawada, Suzuki, Aoki & Ohawa 1993, Griefahn 1985].

1.4 Physiologie des Schlafes

Mittels polysomnographisch erfassten Messgrößen wird der Schlaf in verschiedene Schlafstadien unterteilt. Zunächst lässt sich der REM-Schlaf vom Non-REM-Schlaf unterscheiden. Der Non-REM-Schlaf wird im Weiteren gegliedert in: Stadium 1 (Übergangsphase zwischen dem Wachbewusstsein und Schlaf), Stadium 2 (leichter Schlaf), Stadium 3 und 4 (beides Tiefschlaf).

1.4.1 Das Schlafprofil

Die zeitliche Abfolge der verschiedenen Schlafstadien wird als Schlafprofil bezeichnet. Ein typisches Schlafprofil wird im Folgenden beschrieben.

Während des Wachzustandes findet man im EEG den typischen Alpha-Rhythmus vor, der aus regelmäßigen 10 Hz schnellen Wellen besteht. Die Augen bewegen sich schnell und das EMG zeigt eine hohe Muskelspannung. Wird die Frequenz allmählich langsamer, die Amplitude größer und es treten langsame, pendelförmige Augenbewegungen auf, beginnt das Einsetzen des Übergangsstadiums 1. Dieses wird gewöhnlich rasch vom Stadium 2 abgelöst, welches sich durch größere und langsamere Wellen auszeichnet, die von typischen Grapho-Elementen (Spindeln und K-Komplexen) überlagert sind. Die meiste Zeit unseres Schlafes (45 bis 55%) verbringen wir in diesem Stadium. Allmählich nimmt die Frequenz der EEG-Wellen ab und die Amplitude wird höher, der Tiefschlaf setzt ein (Stadium 3). Zeigen sich im EEG Bild mehr als 50 Prozent der für Tiefschlaf typischen Deltawellen, so ist das

tiefste Schlafstadium (Stadium 4) erreicht. Nach ca. 90 bis 100 Minuten tritt die erste REM-Phase auf, die durch ein dem Stadium 1 ähnliches Hirnstrombild, gekoppelt mit gegenläufigen, schnellen Augenbewegungen und niedrigem Muskeltonus, gekennzeichnet ist. Die erste REM-Phase ist nur von kurzer Dauer und geht bald wieder in Non-REM-Schlaf über. Ein neuer Schlafzyklus beginnt, bei dem die Dauer des Tiefschlafs in der Regel geringer ist und der REM-Anteil ansteigt.

Betrachtet man den gesamten Schlaf von durchschnittlich acht Stunden können vier bis fünf Zyklen beobachtet werden, wobei der Tiefschlaf meist nur in den ersten beiden Zyklen in Erscheinung tritt, während umgekehrt die REM-Perioden von Zyklus zu Zyklus länger werden (Abbildung 1). Gleichzeitig steigt die Anzahl und Dauer der eingestreuten Wachphasen [Borbély 2004, Griefahn 1985].

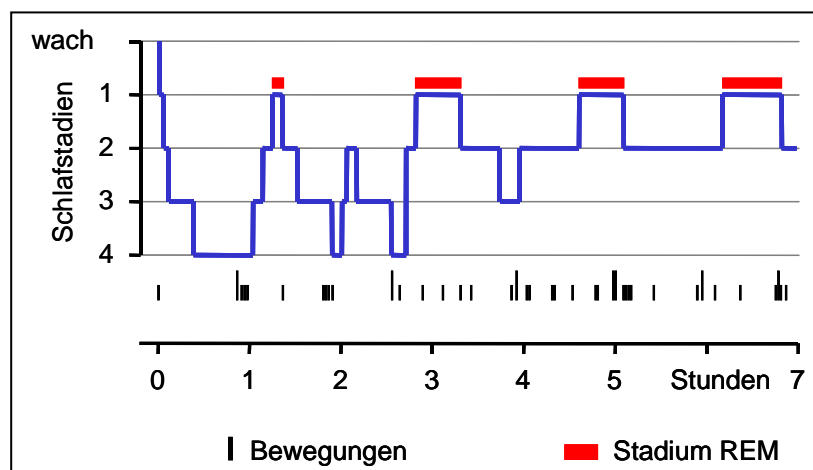


Abbildung 1: Das Schlafprofil eines jungen Erwachsenen

1.4.2 Zirkadianer Schlaf-/Wach-Rhythmus

Der Schlaf-Wach-Rhythmus ist der markanteste Ausdruck der zirkadianen Rhythmik, die das Funktionsgefüge im Gesamtorganismus moduliert. Generiert wird der Schlaf-Wach-Wechsel zentral im Nucleus suprachiasmaticus und ist von zahlreichen physiologischen Funktionsänderungen begleitet (z.B. Herzschlagfrequenz, Körperkerntemperatur), ohne deren Ursache zu sein. Seine Periodik beträgt ungefähr 24 Stunden, woraus sich der Begriff „zirkadian“ (circa dies = ungefähr ein Tag) ableitet.

Isoliert man Probanden vollständig von ihrer Umgebung und somit auch von externen Zeitgebern, so bleibt der normale Schlaf-Wach-Rhythmus weitgehend beibehalten, er verschiebt sich lediglich täglich um ca. eine Stunde [Borbély 2004, Griefahn 1985]. Durch Einwirkung externer Zeitgeber (vor allem dem Hell-Dunkel-Wechsel) erfolgt eine Synchronisation auf einen 24-Stundenrhythmus, wobei das in der Zirbeldrüse gebildete Hormon Melatonin eine wesentliche Rolle spielt.

1.5 Individuelle und situative Determinanten des Schlafs

Lebensalter

Die optimale Dauer für einen erholsamen Schlaf ist individuell verschieden und verändert sich im Laufe des Lebens. Während Neugeborene noch 16 Stunden und mehr schlafen, verkürzt sich die Schlafdauer im Verlauf der Kindheit. Laut Umfrage liegt sie in Deutschland bei jungen Erwachsenen durchschnittlich bei sieben Stunden und 14 Minuten [Meier 2004]. Mit zunehmendem Alter verringert sich die Schlafdauer auf durchschnittlich nur noch fünf bis sechs Stunden und ist mit strukturellen Änderungen verknüpft. Es kommt zu einer Abnahme von REM- und Tiefschlaf, die mit einer zunehmenden Schlaffragmentierung einhergeht [Borbeley 2004, Griefahn 1985].

Geschlecht

Der Einfluss des Geschlechts auf den Schlaf kann nicht eindeutig beantwortet werden. Während sich bei jungen Personen in der Regel keine Unterschiede im Schlafverhalten beobachten lassen, nehmen die Klagen über Schlafstörungen bei Frauen im höheren Alter zu. In diesem Zusammenhang lässt sich auch ein gesteigerter Schlafmittelkonsum bei älteren Frauen feststellen [Griefahn 1985, Muzet, Ehrhard, Eschenlauer & Lienhard 1980].

Persönlichkeitsmerkmale

Eine wesentliche Determinante des Schlafverhaltens ist die individuelle zirkadiane Phasenlage, ein in der Bevölkerung normal verteiltes Persönlichkeitsmerkmal, dessen extreme Ausprägungen als Morgen- und Abendtypen bezeichnet werden. Morgentypen gehen in der Regel früher ins Bett und stehen früher auf, ihre Gesamtschlafzeit ist aber in der Regel nicht anders als bei Abendtypen [Griefahn

2002]. Auf die Beschreibung weiterer Persönlichkeitsmerkmale (wie Extraversion, Neurotizismus und Lärmempfindlichkeit) wird an dieser Stelle verzichtet, da sie in Kapitel 2 ausführlich erörtert werden.

Situative Faktoren

Situative Faktoren wie z.B. Schlafumgebung, physische und psychische Ermüdung, Terminarbeiten, Umgebungstemperatur oder die Wohnumgebung wirken sich auf den Schlaf aus. Vergleichende Aufzeichnungen im Labor und in der Wohnung der Probanden zeigen z.B., dass Einschlafen in der ersten Nacht („First Night Effect“) in ungewohnter Umgebung erschwert ist, Tief- und REM-Schlaf verkürzt und die intermittierten Wachphasen erhöht sind [Coates et al. 1981, Griefahn 1985].

1.6 Schlafdeprivationsuntersuchungen

Zentrale Fragen zum Schlaf sollen vor allem mit Schlafentzugsuntersuchungen geklärt werden. Dazu wird zwischen vollständigem, selektivem und partiellem Schlafentzug unterschieden.

Vollständiger Schlafentzug

Der vollständige Schlafentzug wird meistens ein bis zwei Nächte lang unter dem Aspekt des Leistungsverhaltens durchgeführt. Während die physische Leistungsfähigkeit nahezu auf dem Ausgangsniveau bleibt, nimmt die kognitive und motorische Leistung sowohl qualitativ als auch quantitativ ab. Die Testergebnisse sind dabei abhängig von der Attraktivität der Leistungstests, der Testsituation sowie der Testdauer [z.B. Pilcher & Huffcut 1996, Akerstedt & Gillberg 1979, Bonnet 1980]. In einem Übersichtsartikel berichten Jones und Harrison [2001] über eine Beeinträchtigung exekutiver Funktionen nach totaler Schlafdeprivation in sieben von acht Studien. Unter exekutiven Funktionen werden mentale Prozesse höherer Ordnung verstanden, die im präfrontalen Cortex lokalisiert sind. Sie werden bei der Handlungsplanung, -initiierung, -durchführung und Zielüberwachung aktiviert und sind Voraussetzung für eine erfolgreiche Anpassung an sich verändernde Umweltbedingungen. Der Einsatz exekutiver Funktionen ermöglicht eine selbstständige Steuerung, Aufrechterhaltung und Optimierung des Verhaltens [Burgess 1997, Lezak 1995].

Selektiver Schlafentzug

Der selektive Schlafentzug wird durchgeführt, um die Bedeutung von Tief- und REM-Schlaf zu ermitteln. Nur bei diesen Stadien ist eine isolierte Unterdrückung möglich, indem z.B. akustische Reize beim Eintreten der genannten Schlafstadien appliziert werden. Ebenso wie bei der vollständigen Schlafdeprivation fühlen sich die Probanden müde und zeigen teilweise eine Beeinträchtigung ihrer Leistungsfähigkeit [z.B. Johnson, Naitoh, Moses & Lubin 1974, Lubin, Moses, Johnson & Naitoh 1974]. Eine neuere Studie über den Zusammenhang zwischen Gedächtnisbildung und Schlaf liefert Hinweise für die inkonsistenten Befunde bezüglich REM-Schlafdeprivation und kognitive Leistung. Born und Plihal [2000] revidierten mit ihren Ergebnissen die traditionelle Annahme, dass Gedächtniskonsolidierung hauptsächlich im REM-Schlaf stattfindet. Sie konnten zeigen, dass diese Annahme nur für prozedurale Gedächtnisleistungen gilt, während deklarative Gedächtnisleistungen stärker durch den Tiefschlaf geprägt werden.

Partieller Schlafentzug

Beim partiellen Schlafentzug soll durch experimentelles Verkürzen der Gesamtschlafzeit die Schlafdauer bestimmt werden, die für das Wohlbefinden und für die Leistungsfähigkeit des Individuums notwendig ist. In der Regel werden dadurch vor allem der REM-Schlaf und die Leichtschlafstadien betroffen, da der Tiefschlaf meistens nur in den ersten beiden Schlafzyklen auftritt [Griefahn 1985]. Die Folgen der limitierten Schlafdauer sind Tagesmüdigkeit sowie eine herabgesetzte Stimmung. Leistungstests ergaben widersprüchliche Befunde, neuere Ergebnisse deuten aber darauf hin, dass insbesondere exekutive Funktionen von partieller Schlafdeprivation betroffen sind [Jones & Harrison 2001]. Pilcher und Huffcutt [1996] berechneten in ihrer Metaanalyse über die Zusammenhänge zwischen Schlafdeprivation und Leistung eine höhere Effektstärke für partielle Schlafdeprivation im Vergleich zu kurzzeitiger (< 45 h) und langzeitiger (> 45 h) Schlafdeprivation. Partielle Schlafdeprivation führte bei den Probanden der sechs metaanalysierten Studien vor allem bei einfachen kognitiven Aufgaben mit einer Dauer von mindestens zehn Minuten zu größeren Beeinträchtigungen der Leistung als bei totaler Schlafdeprivation. Die Befunde deuten darauf hin, dass insbesondere die Effekte der partiellen Schlafdeprivation im Leistungsbereich unterschätzt wurden.

1.7 Schlafstörungen

Schlafstörungen gehören zu den häufigsten gesundheitlichen Beschwerden in der Bevölkerung. Umfragen zufolge leiden ca. 25 Prozent der Erwachsenen an Schlafstörungen und über 10 Prozent erleben ihren Schlaf häufig oder dauerhaft als nicht erholsam [Penzel, Peter & Peter 2005]. Die Gründe für den gestörten Schlaf sind vielfältig. In der revidierten Fassung der Internationalen Klassifikation der Schlafstörungen (ICSD-R) [American Academy of Sleep Medicine 2001] werden drei Ursachen von Dyssomnien beschrieben. Dyssomnien bezeichnen Erkrankungen und Störungen des Schlafens und Wachens, ohne dass dies die Folge einer bestehenden anderweitigen Erkrankung ist.

1. Intrinsische Schlafstörungen

- Schlafstörungen und schlafmedizinische Erkrankungen, die durch eine von innen her wirkende Ursache ausgelöst sind (z.B. sog. Primäre Insomnien, schlafbezogene Atmungsstörungen, schlafbezogene Bewegungsstörungen, Narkolepsie).

2. Extrinsische Schlafstörungen

- Insomnien infolge äußerer Einflüsse (Hitze, Kälte, Lärm, Vibration, Gebrauch von Genussmitteln und Pharmaka sowie andere verhaltensabhängige Faktoren).

3. Störungen des zirkadianen Rhythmus

- Störungen des Schlaf-Wach-Rhythmus (z.B. durch raschen Zeitonenwechsel, Jet-Lag oder Hospitalisierung).

Im Folgenden werden nur die extrinsischen Schlafstörungen beschrieben, die durch äußere Lärmeinwirkungen bedingt werden.

1.7.1 Lärm als mögliche Ursache für Schlafstörungen

Lärm wird definiert als „Schall, der für Betroffene unerwünscht ist oder geeignet, sie psychisch, physisch, sozial oder ökonomisch zu beeinträchtigen“ [Guski 1987, S.9]. Diese Definition weist darauf hin, dass erhebliche Unterschiede zwischen der Objektivität des Schallereignisses einerseits und der subjektiven Bewertung andererseits bestehen können. Die akustische Umwelt wird über das Gehör

vermittelt, welches sich, anders als das Auge, nicht verschließen lässt. So nimmt das Gehör auch während des Schlafes permanent aktiv einwirkende Schallereignisse auf, die kontinuierlich perzipiert und analysiert werden, was zu Störungen führen kann, wie sie in Kapitel 1.7.3 beschrieben sind.

1.7.1.1 Exkurs Schall

Unter Schall versteht man *Schwingungen* (meist unregelmäßiger Art) in elastischen Medien, die aus dem Hin- und Herbewegen eines Masseilchens um seinen Ruhepunkt resultieren [Hellbrück 1999, Guski 1987, 1996]. Für den Menschen hörbar sind *Frequenzen* von mindestens 20 Hz bis maximal 20 000 Hz, wobei das Ohr auf Frequenzen zwischen 2000 und 5000 Hz am empfindlichsten reagiert.

Der *Schalldruck*, der nötig ist, um eine Hörempfindung auszulösen, beträgt 20 μPa und entspricht dem $2 \cdot 10^{-10}$ Teil des normalen atmosphärischen Druckes. Da es sich um einen verschwindend kleinen Betrag handelt, werden Schalldruckwerte logarithmisch transformiert, um diesen Bereich besser darstellen zu können. Die neu transformierte Skala benutzt die Einheit *Dezibel (dB)* zur Darstellung des Schalldruckpegels.

Zur *Schallmessung* werden Schallpegelmessgeräte eingesetzt, die Frequenz-Bewertungsfilter enthalten, welche die Frequenzempfindlichkeit des menschlichen Ohres versuchen nachzubilden. Unterschieden werden A-, B-, C- und D-Filter, die in Kurven gleicher Lautstärke abgebildet werden. Für die *Lärmbewertung* ist die A-Bewertung international üblich, die besonders die Frequenzempfindlichkeit im niedrigen Schallpegelbereich widerspiegelt und als Einheit *dB(A)* bezeichnet wird. Der Dezibelwert gibt jedoch keine Auskunft über die empfundene Lautstärke. Wie laut ein Hörereignis empfunden wird, gibt die Einheit *sones* wieder. Bezogen auf den Schallpegel gilt, dass eine Verdoppelung der empfundenen Lautheit einer Schallpegelerhöhung von 10 dB entspricht. Demnach wird beispielsweise ein Schall von 70 dB doppelt so laut empfunden wie einer von 60 dB.

Da der Schallpegel von Umweltgeräuschen selten gleich bleibend ist, sondern innerhalb eines bestimmten Messzeitraumes variiert, müssen noch weitere

Beschreibungsgrößen für die Schallpegel von Umweltgeräuschen herangezogen werden. Man unterscheidet zwischen *instantanem* Schallpegel, der nur den Augenblickswert beschreibt, und dem *energieäquivalenten Dauerschallpegel* (L_{eq}), bei dem es sich um einen über eine bestimmte Zeit gemittelten Schallpegel handelt. Kritisch anzumerken ist, dass sich beim äquivalentem Dauerschallpegel weder die zeitliche Struktur noch die Maximalpegel (L_{max}) der einzelnen Geräusche aus diesem Wert ableiten lassen [Hellbrück 1993].

1.7.1.2 Belastungs- und Beanspruchungsbeziehungen

In der o.g. Definition von Lärm wird deutlich, dass Lärm als Belastung im Sinne der Belastungs- und Beanspruchungskonzepte betrachtet werden kann. Als Belastung wird bei diesen Konzepten ein von der Person unabhängiger, von außen auftretender Einfluss verstanden. Abhängig von der Dauer und Höhe der Belastung und von den individuellen Merkmalen der Person wird dieser dann von der Person selbst als positive Beanspruchung (Herausforderung) oder als negative Beanspruchung (Stress) erlebt. Mit der Beanspruchung ist der Verbrauch von Ressourcen verbunden, zu deren Wiederherstellung Erholung notwendig ist.

Kosten als Folgen von Beanspruchungen werden in kurzfristige und langfristige Kosten unterteilt. Kurzfristige Kosten entstehen durch die Herabsetzung momentaner Ressourcen und sind mit Ermüdung verbunden. Ermüdung führt zu einem erhöhten Erholungsbedarf, der, wenn er nicht befriedigt wird, mit zusätzlicher Anstrengung bei der Aufrechterhaltung der Leistung oder mit Leistungsbeeinträchtigungen einhergeht. Die Folgen der kurzfristigen Kosten sind meistens reversibel. Langfristige Kosten entstehen, wenn Beanspruchungen zu lange andauern und nicht durch ausreichende Erholung kompensiert werden. Die Folgen sind länger andauernde Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit, des psychischen Befindens sowie der Gesundheit. Auch diese Kosten sind durchaus noch reversibel, können aber, wenn die Erholungsfähigkeit selbst leidet, in irreversible Schädigungen übergehen.

1.7.2 Vermittelnde Faktoren zwischen Lärm und Reaktion

Das Ausmaß der lärmbedingten Schlafstörungen hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, die im Folgenden dargestellt werden.

Informationsgehalt der Geräusche

Der *Informationsgehalt* eines Geräusches, der überwiegend aus den Erfahrungen der Personen resultiert, bestimmt die Reaktion auf das Geräusch. Bei gleichem Pegel haben affektiv neutrale Geräusche eine wesentlich geringere Potenz aufzuwecken, als Geräusche, die emotional besetzt sind bzw. einen hohen Informationsgehalt haben, wie z.B. das Weinen eines Säuglings [Langford, Meddis & Pearson 1974, Strauch et al. 1976].

Akustische Geräuschcharakteristika

Diverse *Geräuschcharakteristika* wirken ebenfalls moderierend. Im Wesentlichen bestimmt dabei der *Maximalpegel* des Geräusches das Ausmaß der Reaktion. Griefahn [1985] fasste in einer Dosis-Wirkungskurve Aufwachreaktionen in Abhängigkeit vom Maximalpegel aus zehn Publikationen zusammen. Der lineare Zusammenhang der Daten besagt, dass die Wahrscheinlichkeit aufzuwachen mit zunehmendem Maximalpegel steigt. Auch neuere Studien bestätigen diesen Zusammenhang [z.B. Brink, Wirth, Rometsch & Schierz 2005, Basner et al 2004, Passchier-Vermeer et al. 2002].

Ebenso lassen sich Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen dem äquivalenten Dauerschallpegel und der subjektiv empfundenen Schlafqualität sowie der Lästigkeit finden [Quehl & Basner 2005]. Einen weiteren, wenn auch erheblich geringeren Einfluss scheint das in einem Geräusch vorliegende *Frequenzspektrum* zu haben. LeVere et al. [1973,1974] konnten stärkere Schlafveränderungen bei tieffrequenten Geräuschen im Vergleich zu hochfrequenten Geräuschen beobachten.

Zeitliche Geräuschkomponenten (Häufigkeit und zeitliche Verteilung)

Zeitliche Geräuschkomponenten, wie z.B. die Unterscheidung von *intermittierten und kontinuierlichen Geräuschen*, beeinflussen ebenfalls die Störwirkung. Bei intermittierten Geräuschen, wo einzelne Schallereignisse deutlich voneinander getrennt sind, kommt es im Vergleich zu kontinuierlichen Geräuschen zu größeren

Beeinträchtigungen des Schlafes [Eberhardt, Strale & Berlin 1987]. Die Beziehung zwischen der *Anzahl der Reize* und der Aufwachwahrscheinlichkeit, die Griefahn [1985] anhand von mehreren Veröffentlichungen zusammengefasst hat, verläuft nur bis zu einer Anzahl von 35 Schallereignissen pro Nacht linear. Danach wird das Risiko, durch ein einzelnes Schallereignis geweckt zu werden, wieder geringer. Die *Dauer der einzelnen Geräusche* spielt eine eher untergeordnete Rolle, da die Reaktion vor allem über den Schallpegel determiniert wird.

Bei *langfristig wiederholter Geräuschexposition* konnten fast alle Studien einen Gewöhnungseffekt nachweisen, der sich in abnehmenden Aufwachreaktionen und zunehmenden Nichtreaktionen darstellt [Griefahn et al. 2000, Thiessen 1978]. Ob jedoch eine vollständige Gewöhnung an Verkehrsgeräusche stattfindet, ist umstritten. Dagegen sprechen Feldstudien, die schalldämmende Interventionsmaßnahmen untersuchten und eine erhebliche Verbesserung der Schlafqualität sowie der Leistung am nachfolgenden Tag fanden [Griefahn 1985, Öhrström & Björkman 1988]. Dafür sprechen Feldstudien, die ergaben, dass sich Änderungen im Flugbetrieb nicht auf das Schlafverhalten von Anwohnern der untersuchten Flughäfen auswirkte [Hume & Thomas 1993, Fidell et al. 1995].

Situative Faktoren

Auch die *Schlafumgebung* beeinflusst die Reagibilität auf Geräusche. Die erste Nacht in einer ungewohnten Umgebung geht häufig mit einer verlängerten Einschlafzeit und gehäuftem Aufwachen einher [Coates et al. 1981, Agnew, Webb & Williams 1966]. Aus diesem Grund bleibt diese „first night“ in Laborstudien für die Auswertung meistens unberücksichtigt. In der Regel ist das Schlafverhalten ab der zweiten Labornacht wieder vergleichbar mit dem Schlaf in gewohnter Umgebung [Griefahn 1985, Öhrström & Björkman 1988].

Unter besonders erschwerten Bedingungen wirken die Geräusche auf den *Schichtarbeiter* ein, der gezwungen ist, tagsüber zu schlafen. Zum einen ist der Schlaf gegenüber dem Nachtschlaf (unter vergleichbaren akustischen Bedingungen) täglich um 1,5 bis 2 Stunden verkürzt, was insbesondere auf Kosten des REM-Schlafes geht. Zusätzlich ist die Schlafsituation am Tage durch einen um 7 bis 15 dB

(A) höheren Dauerschallpegel begleitet, was zu erheblichen Ein- und Durchschlafproblemen führen kann [Åkerstedt 1991, Knauth & Ruthenfranz 1975].

Individuelle Faktoren

Neuere Untersuchungen zeigen, dass das *Geschlecht* keinen signifikanten Einfluss auf die Reagibilität unter nächtlichen Lärmeinfluss hat [Brink et al. 2005, Basner et al. 2004]. Im Gegensatz dazu wurde bezüglich des *Alters* häufig der Effekt gefunden, dass lärminduzierte Aufwachreaktionen mit steigendem Alter häufiger beobachtbar sind [Basner et al. 2004, Passchier-Vermeer et al. 2004, Griefahn 1985]. Dies hängt u.a. mit der altersgebundenen Abnahme des Tiefschlafes zusammen, wodurch ein Aufwachen in einem flacheren Schlafstadium wahrscheinlicher wird.

Studien über die Zusammenhänge mit *Persönlichkeitsmerkmalen* deuten auf eine erhöhte Reaktionsbereitschaft auf Geräusche bei Personen mit hoher Lärmempfindlichkeit, mit hohen Neurotizismuswerten sowie Personen mit hoher Ängstlichkeit hin [Brink et al. 2005, Öhrström & Björkman 1988, Öhrström 1999, Ludlow & Morgan 1972].

1.7.3 Folgen lärmbedingter Schlafstörungen

Es werden zwei Kategorien von Lärmwirkungen unterschieden: aurale Lärmwirkungen, die das Gehör betreffen und extraaurale Lärmwirkungen, die sich auf Wirkbereiche außerhalb des Gehörs beziehen. In diesem Kontext sind nur die extraauralen Wirkungen relevant, da Verkehrslärm nur in den seltensten Fällen Schädigungen des Gehörs mit sich bringt.

Griefahn [1985, 2000, 2002] kategorisiert extraaurale, lärmbedingte Schlafstörungen in Primär-, Sekundär- und Tertiärreaktionen. Dabei postuliert sie eine Kausalkette, die den hypothetischen Zusammenhang zwischen den akuten Reaktionen bei Beginn der Schallexposition bis zur Manifestation multifaktorieller chronischer Erkrankungen beschreibt.

Primärreaktionen stellen Änderungen des Schlafablaufes, der Motorik und/oder vegetativer Funktionen dar. Sie werden unterteilt in *Akutreaktionen*, die unmittelbar

mit dem akustischen Stimulus assoziiert sind und sich beispielsweise als Veränderungen des Schlafstadiums oder als Anstieg der Herzfrequenz äußern. Die *Globalreaktionen* umfassen alle über die gesamte Nacht registrierten Reaktionen, wie etwa die Schlafdauer oder die Anzahl der Bewegungen pro Nacht, und können bereits das Resultat der Einwirkung qualitativ unterschiedlicher Stressoren sein.

Unter ***Sekundärreaktionen*** fasst Griefahn alle in der nachfolgenden Wachphase auftretenden Reaktionen als Folgen der schlafgestörten Nächte zusammen. Sie betreffen die subjektive Bewertung des Schlafes, das Befinden sowie die kognitive und psychomotorische Leistungsfähigkeit. Bei den Sekundärreaktionen ist das Zurückführen auf die Schallereignisse noch schwieriger, da die aktuelle Situation einen weiteren Einfluss auf die Bewertung bzw. Durchführung hat.

Tertiärreaktionen schließen alle manifesten Gesundheitsschäden ein, die auf der Basis lärmbedingter Schlafstörungen zurückzuführen sind. Diese Zuordnung der erwarteten, erst nach Jahren auftretenden klinisch relevanten chronischen Erkrankungen ist zum jetzigen Zeitpunkt rein spekulativ. Aufgrund der Komplexität der Wirkungen von Lärm auf den Organismus ist es sehr schwierig, wissenschaftlich fundierte Kausalbeziehungen zwischen Lärm und Krankheit nachzuweisen. Somit bleibt die prognostische Bedeutung der Primär- und Sekundärreaktionen für potenzielle chronische Gesundheitsschäden unklar.

2 **Persönlichkeit**

Die unterschiedlichen Definitionen der Persönlichkeit basieren auf den verschiedenen Paradigmen der Persönlichkeitspsychologie. Asendorpf [1999] beschreibt fünf Paradigmen (psychoanalytisches Paradigma, behavioristisches Paradigma, Eigenschaftsparadigma, Informationsverarbeitungsparadigma und dynamisch-interaktionistisches Paradigma), wobei er dem Eigenschaftsparadigma eine zentrale Bedeutung aufgrund seiner großen Einflussnahme auf die Persönlichkeitspsychologie und seines empirisch orientierten Charakters zuspricht.

2.1 **Eigenschaftstheoretische Definition von Persönlichkeit**

Die Definition von Guilford [1964, S.7] gibt die eigenschaftstheoretische Auffassung von Eigenschaften als Verhaltensdispositionen wieder.

“Die Persönlichkeit eines Individuums ist seine einzigartige Struktur von Persönlichkeitszügen (traits). Ein Trait ist jeder abstrahierbare und relativ konstante Persönlichkeitszug, hinsichtlich dessen eine Person von anderen Personen unterscheidbar ist.“

Im Eigenschaftsparadigma wird nach funktionellen Zusammenhängen zwischen Situationen und Reaktionen einer Person gesucht, wobei die Eigenschaften der Person die Verhaltensweisen bestimmen, die konsistent in verschiedenen Situationen auftreten [Amelang & Bartussek 2001, Asendorpf 1999].

2.2 **Auswahl der Persönlichkeitsmerkmale**

Für diese Arbeit wurden zwei der bedeutsamsten Eigenschaften ausgewählt, **Extraversion** und **Neurotizismus**. Diese Selektion beruht auf unterschiedlichen Gründen.

Schon in der Antike hat man anhand dieser zwei Eigenschaften vier Temperamentstypen unterschieden. Melancholiker waren introvertiert und emotional instabil, Phlegmatiker introvertiert und emotional stabil, während sich Choleriker durch Extraversion und emotionale Instabilität und Sanguiniker durch Extraversion

und emotionale Stabilität auszeichneten. Diese beiden Eigenschaften zogen sich durch die gesamte Geschichte der Persönlichkeitspsychologie und sind auch heute noch in den bekanntesten Persönlichkeitsmodellen wieder zu finden. Extraversion und Neurotizismus stellen somit die zwei ältesten und überdauernden Eigenschaften dar.

Ein weiterer Grund für die Auswahl der beiden Eigenschaften ist der in einigen Studien gefundene Zusammenhang mit der *Lärmempfindlichkeit*. Dornic und Ekehammar [1990] fanden bei 215 schwedischen Studenten bedeutsame negative Zusammenhänge zwischen Lärmempfindlichkeit und Extraversion sowie positive Zusammenhänge zwischen Lärmempfindlichkeit und Neurotizismus. Auch Campbell konnte zwei Jahre später die Befunde hinsichtlich der Eigenschaft Extraversion replizieren [Campbell 1992]. Lärmempfindlichkeit wird definiert als allgemeine, generelle Einstellung gegenüber Geräuschen [z.B. Stansfeld 1992, Job 1999]. Sie hat einen negativen Effekt auf die Aufwachwahrscheinlichkeit sowie auf die subjektive Bewertung des Schlafes unter Lärm [Basner et al. 2004, Öhrström & Björkman 1988, Öhrström & Rylander 1990]. Auch machen Lärmempfindliche unter Lärm mehr Fehler bei kognitiven und alltäglichen Aufgaben als Lärmunempfindliche [Belojevic, Öhrström & Rylander 1992, Smith & Stansfeld 1986]. Lärmempfindlichkeit moderiert somit die Reaktion auf Lärm hinsichtlich physiologischer und subjektiver Schlafparameter als auch hinsichtlich Leistungsdaten.

Ein dritter Grund für die Auswahl von Extraversion und Neurotizismus liegt darin, dass Extravertierte und emotional Instabile auf Belastungen (wie z.B. auf nächtlichen Lärm) mit unterschiedlichen Beanspruchungen und Copingstrategien reagieren. Während Extravertierte mehr aktive, problembezogene Copingstrategien benutzen, neigen emotional Instabile eher zu passiven, emotional fokussierten Bewältigungsmechanismen. Die Anwendung gegensätzlicher Copingstrategien begründen Murberg, Bru und Stephens [2002] mit der unterschiedlichen Wahrnehmung von negativen Ereignissen. Extravertierte tendieren dazu, negative Ereignisse als Chance und Herausforderung anzusehen, wohingegen emotional Instabile negative Ereignisse eher als Bedrohung und Stress bewerten.

Darüber hinaus konnten Vollrath und Torgersen [2000] an 683 Studenten zeigen, dass sich Personen mit hohen Neurotizismuswerten durch eine hohe Vulnerabilität zu Stress auszeichnen und mit nur wenigen Copingstrategien auf selbigen reagieren. Campbell-Sills, Cohan und Stein [2006] begründen diesen Umstand mit Hilfe der Moderatorvariable Widerstandsfähigkeit. An Collegestudenten untersuchten die Autoren den Zusammenhang zwischen der Widerstandsfähigkeit und zentralen Eigenschaften der Persönlichkeit. Sie fanden positive Korrelationen zwischen der Widerstandsfähigkeit und Extraversion sowie negative Korrelationen mit Neurotizismus. Ferner konnten Campbell-Sills et al. [2006] unterschiedliche Copingmechanismen nachweisen. Weisen Extravertierte eher aufgabenorientierte Copingstrategien auf, so sind die Strategien bei emotional Instabilen eher emotionsorientiert.

2.3 Biopsychologische Theorien der Persönlichkeit

Eysencks Persönlichkeitstheorie (PEN-Theorie) [Eysenck 1967, Eysenck & Eysenck 1985] besteht aus einem komplexen System von Teiltheorien für die Basisdimensionen Psychotizismus, Extraversion und Neurotizismus (PEN). Sie ermöglicht die Erklärung, Vorhersage und Beeinflussung traitspezifischer psychophysiologischer Aktivierungsprozesse, situativer und habitueller Erregungsniveaus und die davon abhängigen arousaldeterminierten Verhaltensaspekte (z.B. Leistungsverhalten).

Bezogen auf die Dimensionen Extraversion und Neurotizismus sind sechs Teiltheorien unterscheidbar, von denen die wichtigsten Postulate für die beiden Persönlichkeitsmerkmale Extraversion und Neurotizismus kurz zusammengefasst werden [nach Brocke & Battmann 1992].

2.2.1 Extraversion

Extraversion enthält die beiden Extremausprägungen Introversion und Extraversion. Während Introvertierte als ruhig, zurückhaltend, schüchtern und in sich gekehrt beschrieben werden, zeigen Extravertierte ein eher lebhaftes Verhalten, sie sind kontaktfreudig, fröhlich, aktiv und gern in Gesellschaft.

In der „Arousal Activation“ Teiltheorie wird das aufsteigende retikuläre Aktivierungssystem (ARAS) als das neurophysiologische System beschrieben, das den Grad der Aktivierung auf einem Kontinuum vom Tiefschlaf bis zum Zustand höchster Erregung moderiert. Eysenck nannte die Erregung dieses Systems „Arousal“ und nahm an, dass die unterschiedliche Erregbarkeit (Arousability) die Grundlage für den individuellen Grad der Extraversion darstellt. Nach Eysenck haben Extravertierte eine geringere Arousability als Introvertierte, d.h. der Erregungslevel der Extravertierten liegt unterhalb des Optimums während der Level der Introvertierten oberhalb des Optimums liegt. Daraus abgeleitet benötigen Extravertierte eine starke Stimulation, Introvertierte hingegen nur eine geringe Stimulation, um ihr optimales Erregungsniveau zu erreichen, welches mit einem Zustand des Wohlbefindens verbunden ist.

Zur Angabe der optimalen Leistungsfähigkeit greift Eysenck auf das Yerkes-Dodson-Gesetz zurück, nach dem die Leistung bei mittelhoher Erregung optimal ist. Demnach sollten Introvertierte ihren Punkt maximaler Leistungsfähigkeit bei geringer situativer Aktivierung erreichen und Extravertierte bei hoher Aktivierung.

2.2.2 Neurotizismus

Mit Neurotizismus ist das individuell unterschiedliche Ausmaß gemeint, in dem eine Person ihre Umwelt als belastend wahrnimmt und dementsprechend reagiert. Neurotizismus beinhaltet die beiden Pole emotionale Stabilität und emotionale Instabilität. Während emotional Instabile auf Umwelteinflüsse häufiger und intensiver mit Beanspruchungen reagieren, gehen emotional Stabile mit Umweltanforderungen gelassener und stressstabiler um.

Eysenck ging neben dem ARAS von einem zweiten, relativ unspezifischem Aktivierungssystem, dem limbischen System, als neurobiologische Basis für Neurotizismus aus. Individuelle Unterschiede in der Erregbarkeit dieses Systems sind eine Grundlage für den individuellen Grad des Neurotizismus. Die Stimulation dieses Systems löst ab einer bestimmten Stärke Aktivierung aus. Emotional Labile haben eine geringere Schwelle als Stabile, was dazu führt, dass schon geringe Stimulationen eine Aktivierung auslösen. Das limbische System führt diese

Aktivierung über Kollaterale zum ARAS, wo es zu einer Zunahme der Erregung kommt.

Obwohl Eysencks Theorie auf einem Aktivierungsbegriff basiert, der aus heutiger neurophysiologischer Sicht viel zu global ist und empirisch nicht immer nachgewiesen werden konnte, sind diese Arousal- bzw. Aktivierungskonzepte stark mit der heutigen Beanspruchungsforschung verbunden [z.B. Brocke, Hennig & Netter 2004]. Emotional Instabile reagieren auf Belastungen eher mit entsprechenden Beanspruchungsreaktionen (z.B. mit negativen Emotionen, beeinträchtigtem Befinden oder Abnahme der Leistungsfähigkeit) als emotional Stabile unter gleichen Belastungen.

2.4 Studien über die Zusammenhänge mit Extraversion

Im Folgenden wird ein kurzer Literaturüberblick über die Studien gegeben, welche die Zusammenhänge zwischen Extraversion und Schlaf (physiologisch und subjektiv), Befinden sowie Leistung untersucht haben.

2.4.1 Zusammenhang zwischen Extraversion und Schlaf

Empirische Studien über den Zusammenhang zwischen Persönlichkeitseigenschaften und dem Schlafverhalten junger, gesunder Personen sind sehr rar. Darüber hinaus scheint es eine Diskrepanz zwischen physiologisch gemessenen Schlafdaten und subjektiv eingeschätzten Schlafdaten zu geben. Während Autoren, die physiologische Schlafparameter erhoben hatten [Spiegel & Nüesch 1976, Webb & Friel 1971], keine Zusammenhänge zwischen Polysomnogrammdaten und Extraversion fanden, wird in zwei Studien von Zusammenhängen mit subjektiven Schlafdaten berichtet. Gray und Watson [2002] untersuchten 334 Studenten und fanden positive Korrelationen zwischen Extraversion und subjektiver Schlafqualität. Dieser Befund wird auch durch die Ergebnisse von Tune [1969] bestätigt. Der Autor analysierte Schlaftagebücher von 240 Personen zwischen 20 und 79 Jahren, die diese über 56 Tage ausfüllten. Er fand einen marginal besseren Schlaf bei Extravertierten im Vergleich zu Introvertierten. Außerdem fand Tune in den Aufzeichnungen, dass Extravertierte schneller einschliefen und mehr Zeit schlafend

verbrachten als Introvertierte. Bezüglich unterschiedlicher Schlafstörungen konnten keine Verbindungen zur Extraversion hergestellt werden [Jensen et al. 1998].

Lärminduzierte Veränderungen des Schlafes im Zusammenhang mit Extraversion wurden von Belojevic, Jakovljevic und Aleksic [1997] bei 413 Bewohnern aus Belgrad untersucht. 160 der Teilnehmer lebten in einem leisen Gebiet (<55 dB) und 253 in einer lauten Umgebung (>65 dB), wobei bei letzteren keine Verbindung zwischen Extraversion und subjektiver Schlafbewertung gefunden werden konnte. Dieser Befund wurde in einer neuen Studie von Jakovlevic, Belojevic, Paunovic und Stojanov [2006] bestätigt. Ohrström und Björkman [1988] hingegen berichteten unter Laborbedingungen bei Extravertierten von größeren Veränderungen der subjektiven Schlafqualität unter nächtlichem Lärm.

2.4.2 Zusammenhang zwischen Extraversion und Befindlichkeit

Williams [1989] beschreibt in einem Übersichtsartikel über sechs Studien positive Korrelationen zwischen Extraversion und verschiedenen Stimmungsskalen. Je höher die gemessenen Extraversionswerte, desto positiver ist die Stimmungslage im Allgemeinen. Dieses Ergebnis wird von einer neuen Studie [Stewart, Ebmeier & Deary 2005] bestätigt, in der die Autoren bei 870 Collegestudenten signifikante Zusammenhänge zwischen Extraversion und diversen Stimmungs- und Befindlichkeitsskalen fanden.

Nach *totaler Schlafdeprivation* wurden in den meisten Studien keine Unterschiede in der Stimmungslage bei Extravertierten und Introvertierten beobachtet [Mastin et al. 2005, Blagrove & Akehurst 2001, Smith & Maben 1993].

Hinsichtlich *lärmbedingten Schlafbeeinträchtigungen* fanden Jakovljevic et al. [2006] bei 192 Anwohnern lauter Straßen (<65 dB(A) äquivalenter Dauerschallpegel) negative Korrelation zwischen Extraversion und der Müdigkeit nach dem Schlaf. Extravertierte gaben in einem Fragebogen über ihr allgemeines Schlafverhalten eine generell geringere Müdigkeit nach dem Aufstehen an.

2.4.3 Zusammenhang zwischen Extraversion und Leistung

Die Metaanalyse von Koelega [1992] mit 53 Studien aus den Jahren 1960 bis 1990, die den Zusammenhang zwischen Extraversion und Vigilanzleistung überprüften, zeigt eine bessere Leistung von Introvertierten im Vergleich zu Extravertierten. Obwohl dieser Unterschied relativ klein war, konnten diese Unterschiede für die Anzahl der Treffer als auch für die Reaktionszeit nachgewiesen werden. Diese Tendenz wird auch von neueren Studien im Hinblick auf komplexere Aufmerksamkeitsaufgaben bestätigt [Taylor & McFatter 2003, Blagrove & Akehurst 2001].

Nach *totaler Schlafdeprivation* zeigten die meisten Studien bei Introvertierten geringere Leistungseinbußen im Gegensatz zu Extravertierten [Taylor & McFatter 2003, Smith & Maben 1993, Jha 1988]. Blagrove und Akehurst [2001] fanden bei einer logischen Denkaufgabe nach totaler Schlafdeprivation keine eigenschaftsabhängigen Leistungsunterschiede.

2.5 Studien über die Zusammenhänge mit Neurotizismus

Im Folgenden wird ein kurzer Literaturüberblick über die Studien gegeben, welche die Zusammenhänge zwischen Neurotizismus und Schlaf (physiologisch und subjektiv), Befinden und Leistung untersucht haben.

2.5.1 Zusammenhang zwischen Neurotizismus und Schlaf

Für Neurotizismus gilt dasselbe wie für Extraversion. Die wenigen Studien, die den Zusammenhang zwischen Neurotizismus und Schlafverhalten untersuchten, fanden keine Zusammenhänge mit physiologischen Schlafparametern [Spiegel & Nüesch 1976, Webb & Friel 1971]. Im Gegensatz zu den physiologischen Schlafdaten zeigten die Befunde von Gray und Watson [2002] signifikante Korrelationen zwischen subjektiv schlechter Schlafqualität und Neurotizismuswerten, die je nach Messinstrument zwischen $r = .38$ und $r = .48$ variierten.

Im Hinblick auf Schlafstörungen existieren einheitliche, gesicherte Befunde über einen Zusammenhang mit Neurotizismus. Die meisten Untersuchungen wurden zwar

bei klinischen Populationen mit vorher diagnostizierten Schlafstörungen durchgeführt, jedoch wurden auch bei Collegestudenten und älteren, gesunden Erwachsenen ähnliche Ergebnisse gefunden. Gau [2000] ließ über 1800 Personen Fragebögen über Schlafverhalten ausfüllen, von denen 183 hohe und 163 niedrige Neurotizismuswerte aufwiesen. Im Vergleich zu den emotional Stablen gaben die emotional Instablen bedeutsam mehr schlafbezogene Probleme an. Auch Jensen et al. [1998] bestätigten diese Befunde anhand einer Stichprobe mit 333 älteren Probanden zwischen 80 und 89 Jahren, indem er bei Personen mit hohen Neurotizismuswerten eine Vielzahl von unterschiedlichen Schlafstörungen vorfand. Beullens schrieb 1999 einen Übersichtsartikel über das Schlafverhalten bei älteren Personen und analysierte dazu 18 Artikel aus den Jahren 1988 bis 1997. Die Interview- und Fragebogendaten zeigten, dass schlechte Schläfer höhere Neurotizismuswerte haben als gute Schläfer und Neurotizismus als einer der wichtigsten Prädiktoren für Insomnien angesehen werden kann.

Lärmbedingte Veränderungen des Schlafes bei emotional Instablen fanden Belojevic et al. [1997] sowie Jankovljevic et al. [2006] bei den Anwohnern lauter Straßen in Belgrad. Die Autoren berichteten über positive Korrelationen zwischen Neurotizismus und Schlafbeeinträchtigungen. Diesen Befunden gegenüber stehen die Ergebnisse von Öhrström und Björkman [1988], die keinen Zusammenhang zwischen Neurotizismus und subjektiv beeinträchtigter Schlafqualität unter Lärm entdeckten.

2.5.2 Zusammenhang zwischen Neurotizismus und Befinden

Personen mit hohen Neurotizismuswerten schätzen ihr Befinden generell eher negativ ein. Dieser Sachverhalt wurde in mehreren Studien überprüft und bestätigt [Williams 1989, Stewart et al. 2005, McFatter 1994].

Nach totaler Schlafdeprivation fanden Smith und Maben [1993] keine Unterschiede bezüglich der Stimmung zwischen emotional Stablen und emotional Instablen. Mastin et al. [2005] zeigten bei 28 Probanden im Labor, dass die Stimmung nach 28 Stunden Schlafdeprivation bei Personen mit hohen Neurotizismuswerten stärker beeinträchtigt war als bei niedrigen Werten. Auch Blagrove und Akehust [2001]

fanden heraus, dass Neurotizismus einen großen negativen Einfluss auf die Befindlichkeit nach totaler Schlafdeprivation hat.

Hinsichtlich *lärmbedingten Schlafbeeinträchtigungen* fanden Jakovljevic et al. [2006] bei durch Straßenlärm belasteten Bewohnern signifikante positive Zusammenhänge zwischen Neurotizismus und der generellen Müdigkeit nach dem Aufstehen.

2.5.3 Zusammenhang zwischen Neurotizismus und Leistung

Personen mit geringen Neurotizismuswerten reagieren im Labor sowohl bei auditiven [Cox-Fuenzalida, Swickert & Hittner 2004] als auch bei visuellen Reaktionsaufgaben [Newton, Slade, Butler & Murphy 1992, Socan & Bucik 1998] im Vergleich zu Personen mit hohen Neurotizismuswerten bedeutsam schneller.

Nach totaler Schlafdeprivation zeigten sich in Leistungstests allerdings keine Unterschiede zwischen emotional Stablen und emotional Instablen [Taylor & McFatter 2003, Blagrove & Akehust 2001].

3 Hypothesen

Aus den oben beschriebenen Theorien lassen sich Hypothesen über die Zusammenhänge zwischen Lärm, Schlaf sowie den Leistungs- und Befindlichkeitsparametern und der Persönlichkeit ableiten, die in drei Kategorien unterteilt sind.

3.1 Generelle Lärmwirkungshypothesen

Im Kontext der extraauralen, lärmbedingten Reaktionen auf nächtlichen Verkehrslärm werden sowohl die Primär- als auch Sekundärreaktionen untersucht und mit Hilfe von drei Hypothesen überprüft.

Hypothese 1:

Nächtlicher Verkehrslärm führt zu globalen Primärreaktionen wie z.B. einer verzögerten Einschlafdauer, einem verzögerten Erreichen des Tiefschlafes, vermehrten Wachphasen sowie einer Abnahme der Schlafdauer, der Schlaftiefe, des REM-Schlafes und der Schlafeffizienz.

Hypothese 2:

a) Nächtlicher Verkehrslärm wirkt sich negativ auf die Sekundärreaktionen am nachfolgenden Tag aus. Es kommt zu einer Beeinträchtigung der subjektiv bewerteten Schlafqualität, zu einer herabgesetzten Befindlichkeit sowie zu einer Beeinträchtigung der kognitiven Leistung.

b) Wenn es zu Leistungsbeeinträchtigungen kommt, können diese auf die Schlafeffekte zurückgeführt werden. Daher wird zusätzlich angenommen, dass beim Herauspartialisieren der Schlafparameter die Effekte der Leistungsverschlechterung nach Lärmnächten verloren gehen.

Hypothese 3:

Mit steigendem äquivalentem Dauerschallpegel (und damit auch steigendem Maximalpegel) der nächtlichen Geräuschkategorien nehmen die primären und sekundären Lärmreaktionen sukzessive zu.

3.2 Hypothesen zur Extraversion

Der Theorie von Eysenck [1967] folgend sollten Introvertierte nach Ruhenächten aufgrund der nur moderaten Stimulation durch das 32 dB(A) Hintergrundrauschen eher optimal erregt sein als Extravertierte. Daher sollte sie nach Ruhenächten ihren Schlaf und ihr Befinden im Vergleich zu den Extravertierten als besser einschätzen und eine bessere Leistung zeigen. Nach Lärmnächten sollte durch die erhöhte Stimulation eine Umkehrung des o.g. Sachverhaltes in der Form eintreten, dass Extravertierte sowohl ihren Schlaf und ihr Befinden als besser einschätzten und in den Leistungstests bessere Ergebnisse erbringen. Aufgrund der großen interindividuellen Variabilität in den Polysomnogrammdaten werden keine physiologischen Differenzen zwischen den Extravertierten und den Introvertierten während des Schlafes erwartet.

Hypothese 4:

Bei den physiologischen Schlafparametern werden sowohl in Ruhenächten als auch in Lärmnächten keine Unterschiede zwischen Extravertierten und Introvertierten beobachtet.

Hypothese 5:

Nach Ruhenächten beurteilen Introvertierte verglichen mit Extravertierten aufgrund der nur geringen nächtlichen Stimulation ihre Schlafqualität als besser. Nach Lärmnächten bewerten Extravertierte ihre Schlafqualität wegen der erhöhten nächtlichen Stimulation als besser.

Hypothese 6:

Nach Ruhenächten bewerten Introvertierte verglichen mit Extravertierten aufgrund der nur geringen nächtlichen Stimulation ihr Befinden als besser. Nach Lärmnächten beurteilen Extravertierte ihr Befinden wegen der erhöhten nächtlichen Stimulation als besser.

Hypothese 7:

Nach Ruhenächten erbringen Introvertierte verglichen mit Extravertierten aufgrund der nur geringen nächtlichen Stimulation bessere Leistung. Nach Lärmnächten zeigen Extravertierte wegen der erhöhten nächtlichen Stimulation bessere Leistungen.

3.3 Hypothesen zum Neurotizismus

Während nach den Ruhenächten keine Unterschiede zwischen den Neurotizismusgruppen erwartet werden, reicht die Stimulation durch den nächtlichen Verkehrslärm aus, um bei den emotional Instabilen höhere Beanspruchungen hervorzubringen. Als Kosten zeigen sie eine schlechtere Schlafbewertung, ein beeinträchtigt Befinden sowie herabgesetzte Leistung im Vergleich zu den emotional Stablen.

Hypothese 8:

Aufgrund der großen interindividuellen Variabilität in den Polysomnogrammdaten werden sowohl lärmunabhängig als auch lärmabhängig keine Unterschiede in den Schlafparametern zwischen emotional Stablen und emotional Instabilen beobachtet.

Hypothese 9:

Nach Ruhenächten beurteilen emotional Stabile und Instabile ihre Schlafqualität gleich, während die emotional Instabilen nach Lärmnächten ihre Schlafqualität verglichen mit den Stablen als schlechter werten.

Hypothese 10:

Nach Ruhenächten beurteilen emotional Stabile und Instabile ihr Befinden gleich, während die emotional Instabilen nach Lärmnächten ihr Befinden verglichen mit den Stablen als schlechter bewerten.

Hypothese 11:

Nach Ruhenächten zeigen emotional Stabile und Instabile ähnliche Leistungen bei den Aufgaben, während emotional Instabile die Leistungstests nach Lärmnächten schlechter durchführen als die emotional Stablen.

METHODEN

Der Methodenteil besteht aus der Beschreibung der Stichprobe und des experimentellen Vorgehens, dem Versuchsplan, den Messinstrumenten sowie den statistischen Auswertungen.

1 *Stichprobe*

An dem Laborexperiment nahmen 24 gesunde und normal hörende Personen (12 Männer und 12 Frauen) im Alter von 19 bis 28 Jahren teil (Mittelwert = 23.1; Standardabweichung = 2.5). Alle gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an der von der Ethikkommission genehmigten Studie und mussten vorweg ein zweiteiliges Selektionsverfahren durchlaufen. Ihr Aufwand wurde mit 520 Euro entschädigt.

1.1 **Erste Selektion**

Es wurde bewusst ein junges und homogenes Probandenkollektiv ausgewählt, da das primäre Ziel des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens der Vergleich der drei unterschiedlichen Verkehrsarten war und dieses Vorhaben am besten bei jungen, schlafgesunden Erwachsenen möglich ist.

In der ersten Selektionsphase wurden Plakate im Mensavorraum der Universität Dortmund aufgehängt und Flyer an die Studenten verteilt. Interessenten füllten dann einen eigens für diese Untersuchung konstruierten Fragebogen aus (siehe Anhang). Anhand dieses Fragebogens konnte unter Berücksichtigung folgender Ausschlusskriterien eine erste Selektion vorgenommen werden:

- Angst in engen Räumen
- massive gesundheitliche Beschwerden oder chronische Erkrankungen
- Medikamenten-, Drogen- und Alkoholabusus
- ungewöhnliches Schlafverhalten (z.B. Schlaflänge < 6 oder >10 h)
- Ein- und Durchschlafstörungen
- Ausführen von regelmäßiger Schichtarbeit
- schlechte Deutschkenntnisse.

Studenten, die keines der Ausschlusskriterien aufwiesen, wurden zu einem zweiten Selektionsdurchgang ins Institut für Arbeitsphysiologie eingeladen. Mit dieser Vorselektion sollte erreicht werden, dass nur gesunde Personen an dem Experiment teilnehmen, die ein normales Schlafverhalten aufweisen und über ausreichende Deutschkenntnisse verfügen.

1.2 Zweite Selektion

Im Institut wurde zuerst ein Audiogramm durchgeführt, mit dem das Hörvermögen der potenziellen Teilnehmer überprüft wurde. Die Hörschwelle durfte dabei in keinem der getesteten Frequenzbereiche von 0.125 – 8 kHz um mehr als 30 dB(A) von der Norm abweichen. Damit wurde sichergestellt, dass die teilnehmenden Probanden auch alle Geräusche in ihrem gesamten Frequenzspektrum hören konnten.

Im Anschluss an den Hörtest füllten die Probanden drei weitere Fragebögen (STAI, FEPS-II und FPI-R) zu Selektionszwecken aus. Dazu wurden anhand der in den Handanweisungen angegebenen Normtabellen für Männer und Frauen getrennt Grenzwerte für die einzelne Skalen festgelegt.

Zur Erfassung von Ängstlichkeit wurde die Trait-Skala des „*State-Trait-Anxiety-Inventory (STAI)*“ von Spielberger, Gorsuch und Lushene [1970] in einer deutschen Übersetzung von Laux, Glanzmann, Schaffner und Spielberger [1981] eingesetzt. Bei den 20 Items der Trait-Skala kann ein Summenwert zwischen 20 und 80 erzielt werden, wobei bei Männern Werte bis einschließlich 41 und bei Frauen bis 44 akzeptiert wurden. Personen mit einem hohen Ängstlichkeitswert weisen eine erhöhte physiologische Erregung auf, die den Organismus befähigt, im Bedarfsfall auf interne oder externe Reize zu reagieren. Da bei diesem Experiment die Möglichkeit bestand, auf die nächtlich präsentierten Geräusche mit einer erhöhten Zustandsangst zu reagieren, wurde dieses Selektionskriterium angewandt.

Der „*Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale von Schlafgestörten (FEPS-II)*“ von Hoffmann, Schnieder und Heyden [1996] beinhaltet zwei Skalen, die dazu dienen, Schlafgestörte von Schlafgesunden zu trennen. Mit Hilfe der Normwerte wurden Grenzen festgelegt, deren Überschreitung auf eine

Schlafstörung hindeutet. Diese Grenze liegt bei der Skala „Fokussierung auf den Schlaf“ für Männer bei 21 und für Frauen bei 24. Für die Skala „Grübeln“ lag der Grenzwert für beide Geschlechter bei 24. Dieser Fragebogen wurde zu Selektionszwecken eingesetzt, um Personen, die unter Schlafstörungen leiden, diese aber in dem ersten Selektionsfragebogen nicht angegeben haben, zu identifizieren.

Beim „*Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI-R)*“ von Fahrenberg, Hampel und Selg [1989] war der Selektionsfokus ausschließlich auf die Skala Emotionalität (Neurotizismus) gerichtet. Mit den Grenzwerten von 8 (bei Männern) und 9 (bei Frauen) sollte gewährleistet werden, emotional Instabile zu identifizieren.

Die Gefahr, stärker auf nächtlichen Lärm zu reagieren, steigt bei Personen, die auf einer dieser Skalen die Grenzwerte überschritten haben. Um die Wahrscheinlichkeit für lärmbedingte Schlafstörungen nicht schon im Vorfeld zu erhöhen, wurden Probanden, die zwei oder mehr Grenzwerte überschritten hatten, als nicht geeignet eingestuft.

Da diese vier Skalen jedoch hoch miteinander korrelieren [Laux et al. 1981, Hoffmann et al. 1996, Fahrenberg et al. 1989], kam es häufig vor, dass Probanden mit hohen Neurotizismuswerten auch bei den anderen drei Skalen hohe Werte aufwiesen und deshalb nicht für die weitere Untersuchung in Frage kamen. Dies hatte zur Folge, dass die Stichprobe keine Probanden mit hohen Neurotizismuswerten beinhaltete, was wiederum Konsequenzen für die Überprüfung der Neurotizismushypothesen hatte und in entsprechenden Abschnitten dargestellt wird. Auf die Skala Extraversion hatte das Selektionsvorgehen keine Auswirkungen.

2 Experimentelles Vorgehen

Der Versuchszeitraum erstreckte sich von Juli 2003 bis Februar 2004. Jede Experimentalrunde, der immer vier Probanden gleichzeitig angehörten, umfasste eine vorexperimentelle Phase und eine dreiwöchige Hauptphase.

2.1 Experimentelle Vorphase

Jeder Proband erschien zwischen dem 12. und 10. Tag vor dem jeweiligen Beginn seiner jeweiligen Experimentalrunde im Institut. Dort erhielt jeder für zu Hause die schon eine Woche vor dem Experiment auszufüllenden Morgenfragebögen (siehe Anhang), wo u.a. eine Bewertung des Schlafs vorgenommen wird. Zusätzlich bekamen die Probanden für die gesamte Versuchsdauer einschließlich der Woche vorher ein Aktimeter, das sie um das nichtdominante Handgelenk trugen. Dies diente hauptsächlich dazu, kleine Nickerchen, die tagsüber nicht gestattet waren sowie das Schlafverhalten an den versuchsfreien Tagen zu kontrollieren. Ferner wurde der Kopf der Teilnehmer zur Gewährleistung einer exakten und gleich bleibenden Elektrodenpositionierung von C3 und C4 nach Rechtschaffen und Kales [1968] ausgemessen und die Werte notiert.

Des Weiteren wurden drei Leistungstests (Kapitel 4.3) nach standardisierter schriftlicher Instruktion (siehe Anhang) so lange am Rechner geübt, bis die Zahl der nicht erfolgten Antworten pro Durchgang kleiner oder gleich 2 war. So wurde sichergestellt, dass die Probanden die Aufgaben verstanden hatten. Zudem wurde bei beiden Aufgaben die benötigte mittlere Reaktionszeit notiert, die im Hauptversuch als individueller Basiswert für ein auditives Feedbacksignal benötigt wurde.

Zum Abschluss bekamen die Probanden noch ein Informationsblatt mit, auf dem die wesentlichen Punkte zur Aktimeter-Handhabung, zum Ausfüllen der Fragebögen sowie zum Verhalten während der Versuchsphase (z.B. tagsüber keine Nickerchen und kein Alkohol an den Versuchstagen) standen.

2.2 Experimenteller Ablauf

Jeweils vier Probanden trafen um 21 Uhr im Institut für Arbeitsphysiologie ein. Zwei von ihnen führten zuerst die Leistungstests in einem dafür eingerichteten Versuchsraum durch, der mit vier durch Holzwände getrennten PC-Arbeitsplätzen ausgestattet war. Im Anschluss daran füllten sie noch den Abendfragebogen aus, mit dem u. a. die aktuelle Situation und das Befinden der Probanden abgefragt wurden. Die anderen beiden Probanden wurden derweil in einem anderen Raum mit den Elektroden für die Polysomnogramm-Aufzeichnung versorgt. Nachdem alle vier Probanden den ersten Teil absolviert hatten, wurden die Räume und Aufgaben gewechselt.

Zur Messung der Hirnströme wurden bei jedem Probanden zwei selbst hergestellte, aus Gummi arabikum und Silberchlorid bestehende Elektroden an den Positionsstellen C3, C4, ZF und PZ angefünt. Dazu mussten die Elektroden für wenige Minuten in Wasser aufgeweicht werden und die Stellen vorher mit Alkohol entfettet und mit einem Elektrodengel vorbehandelt wurden. Die anderen Ableitstellen zur Messung des Elektrokulogramms und des Elektromyogramms wurden ebenfalls entfettet und mit handelsüblichen Einmalelektroden versehen. Die Elektrodenwiderstände wurden unterhalb von 20 kOhm, bzw. beim EEG unterhalb von 10 kOhm gehalten. Die Polysomnogrammkabel wurden dann in der Kammer an Polysomnogramm-Verstärker angeschlossen, die das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum gebaut hatte. Zwei Kammern waren jeweils mit einem Laptop verbunden, an dem die nächtliche Polysomnogramm-Aufzeichnung stattfand.

Um 22:50 Uhr gingen die Probanden in ihre zugeteilte schallisolierte Kammer, die auf 20° C Raumtemperatur adjustiert war. Nach Kontrolle der Polysomnogrammaufzeichnung wurden die Kammern geschlossen, um Punkt 23 Uhr das Licht ausgeschaltet sowie die entsprechenden Lärmszenarien (siehe Kapitel 3.2) über zwei in der Kammer aufgehängte Lautsprecher eingespielt. Die Verkehrsgeräusche wurden über eine spezielle Software (NUENDO™) kontrolliert.

Während der gesamten Nacht von acht Stunden wurde kontinuierlich das Polysomnogramm aufgezeichnet. Es bestand die Möglichkeit, per Telefon Kontakt zu

dem Versuchsleiter aufzunehmen, der bei Toilettengängen die Aufzeichnung kurzzeitig unterbrechen konnte.

Nach dem Wecken um 7 Uhr begaben sich alle vier Probanden in den Raum mit den PC-Arbeitsplätzen, um die drei Leistungstests durchzuführen und den Morgenfragebogen auszufüllen. Mit dem Morgenfragebogen werden das aktuelle Befinden und die Beurteilung des Schlafes der vorherigen Nacht gemessen (siehe Anhang). Während der Leistungstests wurden an den Ableitstellen C3, C4, PZ und FZ ereigniskorrelierte Potenzial mit aufgezeichnet. Nach der Entkabelung konnten die Probanden gegen 7:45 Uhr ihren gewohnten Aktivitäten nachgehen.

3 Versuchsplan

Im Folgenden werden der allgemeine Versuchsplan der drei Experimentalwochen sowie die nächtlich präsentierten Schallszenarien beschrieben.

3.1 Allgemeiner Versuchsplan

Die Probanden schliefen nach einer Gewöhnungsnacht von Sonntag auf Montag in drei aufeinander folgenden Wochen von Montagabend bis Freitagmorgen im Labor. Die dazwischen liegenden Wochenenden waren zur freien Verfügung (Abbildung 2).

Jede Woche wurden die Probanden einer Verkehrslärmart ausgesetzt. Acht Probanden begannen mit Schienen-, acht mit Straßen- und acht mit Flugverkehrslärm. Von den vier Nächten einer Woche waren drei Nächte Lärmnächte mit permutierten Pegelbedingungen (39, 44 und 50 dB(A) äquivalenter Dauerschallpegel). Die vierte Nacht, die auch permutiert eingestreut wurde, bestand aus einem 32 dB(A) Rosa Rauschen.

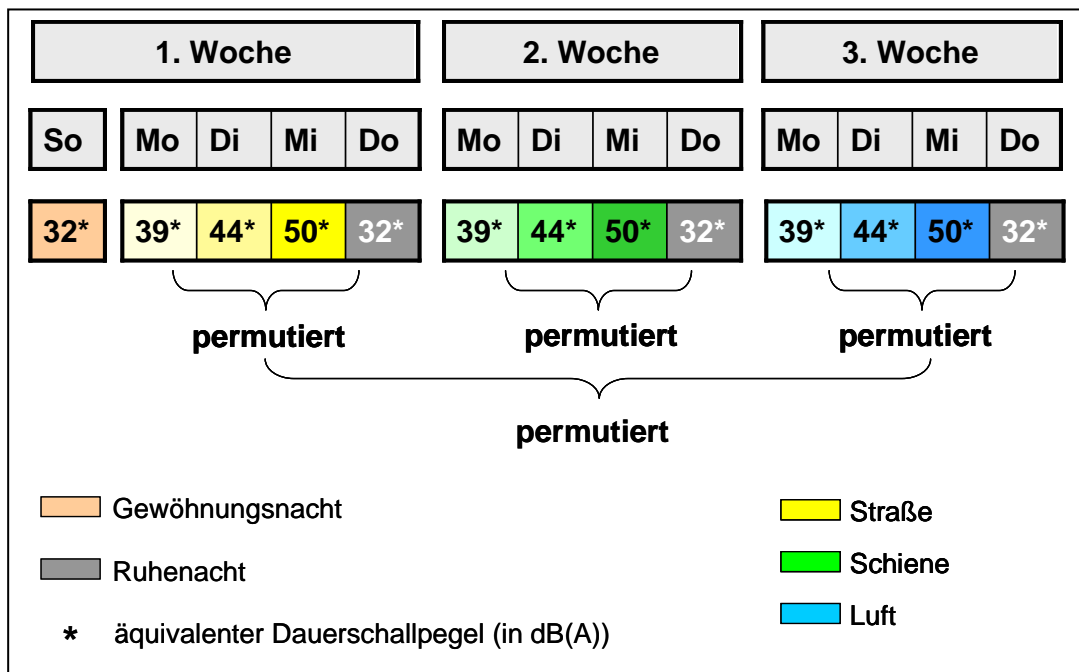


Abbildung 2: Der experimentelle Versuchsplan

3.2 Geräuschexpositionen

In der Bettzeit zwischen 23 Uhr und 7 Uhr wurden alle Probanden in den 13 Nächten Geräuschszenarien ausgesetzt, die in den folgenden Kapiteln näher beschrieben werden. Jedes Szenario bestand nur aus einer Lärmart.

Die Verkehrsgeräusche wurden von Sound-Designern der Firma SASS aus Essen aufgenommen, bearbeitet und zu achtstündigen Szenarien zusammengestellt. Die Straßengeräusche setzten sich aus LKWs, PKWs, Bussen, Motorrollern und Motorrädern zusammen. Die Schienenszenarien bestanden aus Güter- und Personenzügen. Bei den Fluggeräuschen wurden ausschließlich Überflüge für die Szenarien benutzt.

Für jede Verkehrslärmart wurden jeweils drei Szenarien generiert, die über die acht Stunden gemittelte äquivalente Dauerschallpegel von 39, 44 sowie 50 dB(A) aufwiesen. Innerhalb einer Verkehrslärmart blieb die Anzahl der Geräusche gleich, die unterschiedlichen Dauerschallpegel erreichte man durch Anhebung bzw. Absenkung der Maximalpegel (Tabelle 1).

Tabelle 1: Geräuschszenarien

	<i>Straße</i>	<i>Schiene</i>	<i>Luft</i>
<i>Anzahl pro Nacht</i>	261	162	195
<i>Maximalpegel in dB(A)</i>	43.8 – 74.1	39.5 – 71.9	43.2 – 75.7
<i>Dauer der Geräusche (s)</i>	3.4 – 51.4	6.0 – 92.2	7.6 – 59.0
<i>Abstand der Geräusche (s)</i>	25.0 – 419.0	5.0 – 481.0	27.0 – 326.0

Bei der Zusammenstellung der Geräuschszenarien wurde darauf geachtet, einen möglichst naturgetreuen Verlauf der nächtlichen Ereignisse wieder zu geben. Orientiert an den Ereignishäufigkeiten von Straßenlärm wurde ein u-förmiger Verlauf nachgebildet, der zwischen 23 und 0 Uhr sowie zwischen 5 und 7 Uhr durch eine hohe Ereigniszahl mit entsprechend hohem Dauerschallpegel gekennzeichnet war, während die Ereignishäufigkeiten zwischen 1 und 4 Uhr am geringsten waren (Tabelle 2).

Um eine Vergleichbarkeit der drei Verkehrslärmarten zu gewährleisten, wurden sowohl die äquivalenten Dauerschallpegel als auch die Maximalpegel zwischen den Verkehrsarten gleich gehalten, was über eine Variation der Geräuschanzahl gelang. Neben den neun Lärmszenarien wurde zusätzlich ein achstündiges „Ruheszenarium“ generiert, das aus einem 32 dB(A) Rosa Rauschen bestand.

Tabelle 2: Anzahl der über die Nacht verteilten Geräusche

Zeitscheibe (Uhrzeit von.. bis..)	Straße	Schiene	Luft
23:00 – 23:30 Uhr	19	13	16
23:30 – 00:00 Uhr	19	13	16
00:00 – 00:30 Uhr	16	11	9
00:30 – 01:00 Uhr	16	11	9
01:00 – 01:30 Uhr	8	5	8
01:30 – 02:00 Uhr	8	5	8
02:00 – 02:30 Uhr	8	5	8
02:30 – 03:00 Uhr	8	5	8
03:00 – 03:30 Uhr	8	5	8
01:30 – 04:00 Uhr	8	5	8
04:00 – 04:30 Uhr	16	11	9
04:30 – 05:00 Uhr	19	13	16
05:00 – 05:30 Uhr	27	15	18
05:30 – 06:00 Uhr	27	15	18
06:00 – 06:30 Uhr	27	15	18
06:30 – 07:00 Uhr	27	15	18
23:00 – 07:00 Uhr (8 h)	261	162	195

4 Messinstrumente

Es werden nacheinander die eingesetzten Fragebögen, das Polysomnogramm und die Leistungstests vorgestellt.

4.1 Fragebögen

Der FPI-R wurde bereits in der zweiten Selektionsphase ausgefüllt, während der Morgenfragebogen für die gesamte Versuchsdauer sowie eine Woche vorher und nachher jeden Tag unmittelbar nach dem Aufstehen beantwortet wurde.

4.1.1 Das Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI-R)

Das Freiburger Persönlichkeitsinventar [Fahrenberg et al. 1989] besteht aus 138 Items, die auf zwölf Skalen folgende Persönlichkeitsmerkmale erfassen: Lebenszufriedenheit, soziale Orientierung, Leistungsorientierung, Gehemmtheit, Erregbarkeit, Aggressivität, Beanspruchung, körperliche Beschwerden, Gesundheitssorgen, Offenheit, Extraversion und Emotionalität.

Die beiden letztgenannten Merkmale werden im Sinne Eysencks [1967] als Sekundärfaktoren erhoben, d.h. dass Items verschiedener anderer Skalen in diese Skalen mit eingehen. Die Skalen sind teils unipolar (z.B. wenige körperliche Beschwerden – viele körperliche Beschwerden), andere sind bipolar (z.B. Extraversion – Introversion). Als Antwortmöglichkeiten auf die 138 Aussagen bietet das FPI-R die Zustimmung „stimmt“ oder die Ablehnung „stimmt nicht“. Die Testdauer variiert laut Autoren zwischen 10 und 30 Minuten.

Die zehn erstgenannten Skalen bestehen aus je zwölf Items, die beiden Zusatzskalen (Extraversion und Emotionalität) aus je 14 Items. Bei Extraversion gehen sechs Items aus anderen Skalen und acht neue Items in die Bewertung mit ein, bei Emotionalität sind es fünf aus anderen Skalen und neun neue Items.

Pro Zustimmung eines Items wird jeweils 1 Punkt für die entsprechende Skala gezählt. Insgesamt sind bei den ersten 10 Skalen maximal 12 Punkte und bei den beiden letzten maximal 14 Punkte zu erreichen. 18 Items sind negativ gepolt, d.h. bei

der Summenbildung der einzelnen Skalen werden hierbei die „stimmt nicht“ Antworten mitgezählt.

Die von den Autoren im Handbuch angegebenen Normtabellen, welche nach Geschlecht und vier Altersgruppen gegliedert sind, wurden für die vorliegende Untersuchung nicht berücksichtigt. Da die Stichprobe relativ altershomogen war und die Studie nicht auf geschlechtsspezifische Unterschiede abzielt, wurden für die statistischen Analysen die Rohwerte und nicht die transformierten Werte benutzt. Bei der von Fahrenberg et al. [1989] angegebenen Stichprobe ($n = 2035$) werden für die Skala Extraversion ein Gesamtmittelwert von 6.87 (± 3.57 Standardabweichung) und für Emotionalität von 6.16 (± 3.55 Standardabweichung) angegeben.

Reliabilitätsanalysen ergaben für beide Skalen ein Cronbachs Alpha von $r = 0.80$. Validitätsprüfungen wurden in über 500 Studien durchgeführt und die Auswahl der im Handbuch angegebenen Studien sprechen für eine gesicherte kriterienbezogene Validität.

4.1.2 Der Morgenfragebogen

Der Morgenfragebogen wurde von den Probanden jeden Morgen zeitnah nach dem Aufstehen ausgefüllt. Er misst die momentane Befindlichkeit sowie die subjektive Schlafqualität immer in konstanter Reihenfolge.

Das *Befinden* wurde in drei Bereiche gegliedert, was in Anlehnung an den „Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF)“ [Steyer, Schwenkmetzger, Notz & Eid 1997] geschah. Die drei bipolaren Skalen Stimmung, Wachheit und Ruhe wurden auf jedem Skalenpol mit jeweils vier Adjektiven beschrieben. Auf zehnstufigen Skalen hatten die Probanden die Möglichkeit, ihr Befinden anzugeben (siehe Abbildung 3). Höhere Werte stehen für ein schlechteres Befinden.

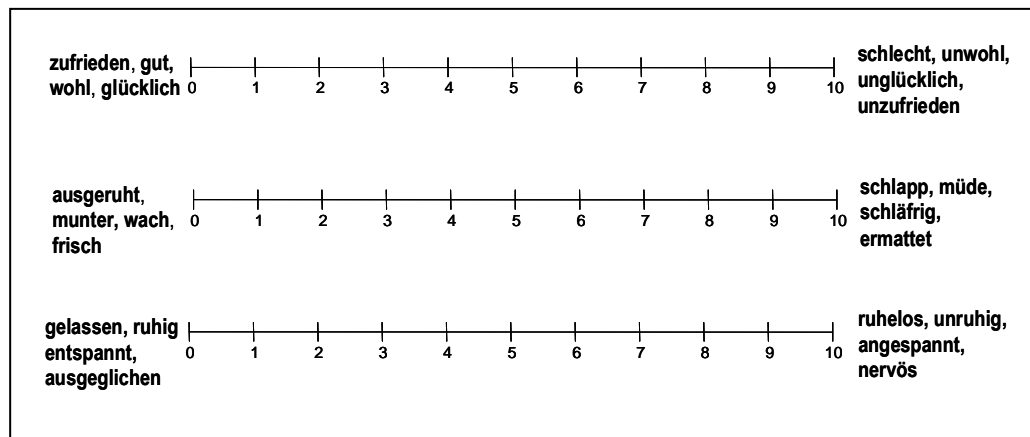


Abbildung 3: Die drei Befindlichkeitsskalen im Morgenfragebogen

Die Messung der *subjektiven Schlafqualität* erfolgte auf sechs zehnstufigen, unipolaren Skalen (siehe Abbildung 4). Die 6 Skalen Einschlafen, Schlafruhe, Schlaftiefe, Schlaferholung, Schlafdauer und Bewegungshäufigkeit enthalten die international üblichen Kriterien zur quantitativen Beurteilung des Schlafes. Bis auf die Skala Schlafdauer weisen alle Skalen bei höheren Werten auf eine schlechte Schlafqualität hin, so dass diese Skala für weitere Analysen umkodiert wurde.

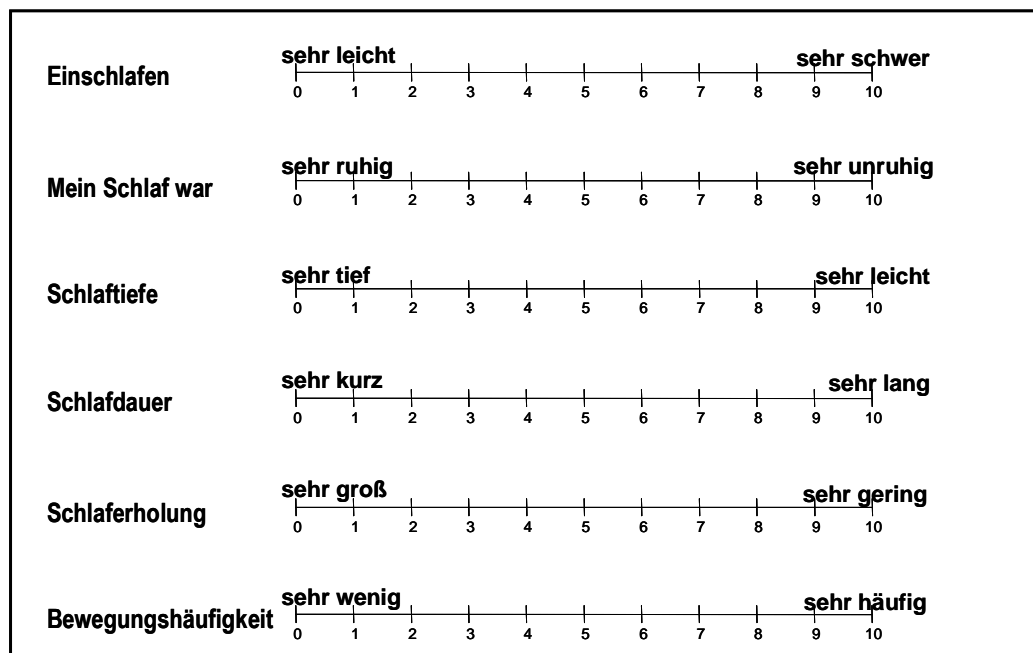


Abbildung 4: Die sechs Skalen zur Erfassung der subjektiven Schlafqualität

4.2 Das Polysomnogramm

Zur Quantifizierung des Schlaf- und des Wachzustandes sowie der einzelnen Schlafstadien und deren Verteilung wurde das Polysomnogramm während der Nacht aufgezeichnet.

4.2.1 Die Ableittechnik und Elektrodenplatzierung

Die Anforderungen zur Registrierung des Polysomnogramms sind von Rechtschaffen und Kales [1968] vorgegeben und erfordern eine exakte Positionierung und zuverlässige Fixierung der Elektroden am Kopf (siehe Abbildung 5). Um die Ergebnisse verschiedener Labore untereinander vergleichen zu können, sind schon bei der Aufzeichnung bestimmte Standards bezüglich Elektrodenposition, Widerstände und Verstärkung der Signale einzuhalten.

Das EEG wird über die Ableitpunkte C3 und C4 registriert, die mit Hilfe des internationalen 10-20-Systems anhand der Abmessungen von Nasion bis Inion sowie der Strecke der beiden präaurikulären Punkte exakt bestimmt werden können. Die Elektroden für das EOG werden am linken oberen äußeren Rand des Musculus orbicularis oculi und am rechten unteren äußeren Rand (bzw. umgekehrt) platziert. Damit können horizontale und vertikale Augenbewegungen registriert werden. Sowohl EEG als auch EOG werden gegenläufig zu den beiden Referenzelektroden A1 und A2 abgeleitet, die an den linken bzw. rechten Mastoid (Knochen hinter dem Ohr) geklebt sind. Die EMG-Elektroden werden submental unter das Kinn geklebt und gegeneinander abgeleitet.

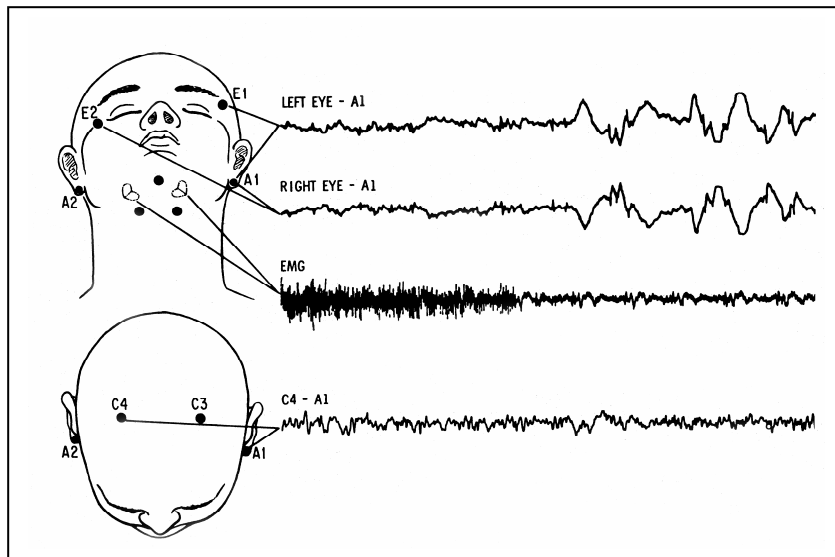


Abbildung 5: Das Polysomnogramm mit den standardisierten Ableitpunkten (nach Rechtschaffen & Kales, 1968)

Die hirnelektrische Aktivität an der Schädeloberfläche ist ein sehr schwaches Signal, das entsprechend empfindliche Verstärker erfordert. Dies wurde mit vom Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR) entwickelten Verstärkern realisiert, bei denen ein 0.03 Hz Hochfrequenzfilter sowie ein 30 Hz Tieffrequenzverstärker eingebaut waren.

4.2.2 Epochenweise Beurteilung des Polysomnogramms

Zur Auswertung des Polysomnogramms werden die aufgezeichneten Ableitungen in 30-Sekunden-Epochen aufgeteilt. Basierend auf den vorherrschenden Frequenzen und Amplituden, den charakteristischen Wellenformationen sowie aufgrund der zyklischen Veränderungen im EOG und EMG erfolgt die Auswertung jeder einzelnen Epoche nach den international anerkannten Kriterien von Rechtschaffen und Kales [1968]. In Abbildung 6 ist eine 30-Sekunden-Epoche mit den jeweiligen Polysomnogramm-Indikatoren zu sehen.

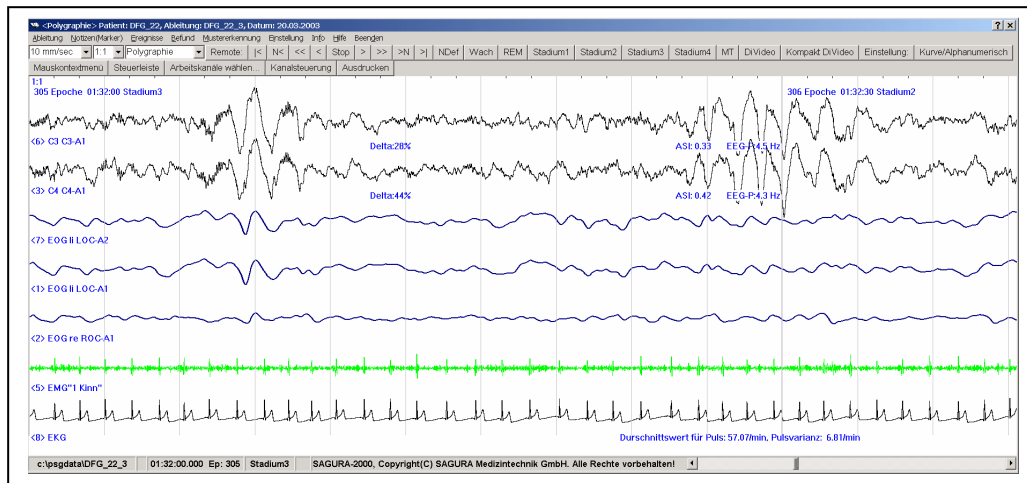


Abbildung 6: Darstellung einer Epoche aus dem Polysomnogramm

4.2.3 Kriterien zur Beurteilung des Schlafes

Das Manual von Rechtschaffen und Kales [1968] bietet Richtlinien, mit dessen Hilfe die einzelnen Epochen klassifiziert werden können. Die Abbildung 7 bietet einen kurzen Überblick über die einzelnen Schlafstadien mit den für die typischen EEG, EOG und EMG Kriterien. Die wichtigsten Kriterien für die Klassifikation der einzelnen Schlafstadien sind in der Abbildung kurz beschrieben.

Die Beurteilung der Polysomnogramme erfolgte durch zwei in der Schlaftiefenanalyse erfahrene Auswerter (siehe Ergebnisteil Abschnitt 1.1). Jeder Auswerter übernahm zwölf Probanden, die nach Geschlecht und Versuchsbedingung gleich verteilt waren.




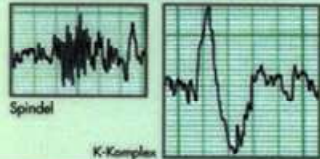
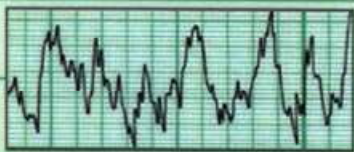


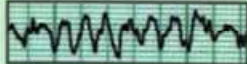
Schlafstadium	EEG (C4-A1 bzw. C3-A2)	EOG	EMG	Anteil an Schlafzeit
Wach	<p>Augen auf: Beta-Wellen (> 13 Hz)</p>  <p>Augen zu: Alpha-Wellen (8 - 13 Hz)</p> 	rasche kleine Augenbewegungen oder langsame beim Übergang zum Schlaf	wechselnder Tonus, hohe Amplitude	< 5 %
Stadium I	<p>unregelmäßige Aktivität, mind. 50% Mischfrequenz: > 2 und < 8 Hz, weniger als 50% Alpha, niedrigere Amplituden, Hilfskriterium Vertexzacken</p> 	langsame Augenbewegungen	wechselnder Tonus, immer noch hohe Amplitude	5 - 10 %
Stadium II	<p>wie S I, aber mit Spindeln und K-Komplexen, Spindeln und K-Komplexe müssen sich innerhalb von 3 Min. bestätigen. Oder: Auftritt von Weckreaktionen</p> 	keine Augenbewegungen	wechselnder Tonus, abnehmende Amplitude	50 %
Stadium III	<p>20 - 50% Delta-Wellen (< 3 Hz und > 75 µV)</p> 	keine Augenbewegungen	siehe Stadium II	10 %
Stadium IV	<p>> 50% Delta-Wellen</p> 	keine Augenbewegungen	wechselnder Tonus, sehr niedrige Amplitude	10 %
REM Schlaf	<p>Niederamplitudiges EEG, Theta-Wellen (4 - 7 Hz), gemischt frequent</p>  <p>Sägezahnwellen (1)</p>  <p>Mindestens 2 der 3 REM-Kriterien (1, 2, 3) müssen in 3 Minuten erfüllt sein. Einzelne Spindeln und K-Komplexe können auftreten.</p>	schnelle konjugierte Augenbewegungen (2)	niedrigste Amplitude (3)	20 - 25 %

Abbildung 7: Kriterien zur Beurteilung der Schlaftiefe (in Anlehnung an Rechtschaffen & Kales, 1968)

4.2.4 Schlafparameter

Aus den visuell bestimmten 960 Epochen pro Nacht und Proband wurden anschließend folgende in der Schlafmedizin übliche Schlafparameter berechnet [Penzel et al. 1993]:

1) Sleep Period Time (SPT)

Die Dauer der Schlafperiode ist die Zeit zwischen Schlafbeginn (festgelegt als Beginn Stadium 1 oder höher und gefolgt von mindestens drei Epochen Schlaf) und der letzten Epoche Schlaf. In der SPT sind auch intermittierte Wachphasen enthalten.

2) Wakefulness After Sleep Onset (WASO)

Die intermittierte Wachzeit während des Schlafes ist die Zeit, die nach dem Einschlafen (mindestens drei Epochen Schlaf hintereinander) während der Schlafperiode im Wachzustand verbracht wird.

3) Total Sleep Time (TST)

Die Gesamtschlafzeit ist die reine Schlafzeit ohne intermittierte Wachzeiten (WASO).

4) Sleep Efficiency Index (SEI)

Der Schlafeffizienzindex wird berechnet als Verhältnis von TST gegenüber SPT. Die Werte liegen zwischen 0 und 1, wobei 1 eine hundertprozentige Schlafeffizienz bedeutet.

5) Sleep Onset Latency (SOL)

Die Schlaflatenz ist die Zeit, die von „Licht aus“ bis zum Schlafbeginn (mindestens gefolgt von drei Epochen Schlaf) benötigt wird.

6) Latency Slow Wave Sleep (LSWS)

Als LSWS wird die Zeit bezeichnet, die zwischen dem Einschlafen und dem Erreichen des Tiefschlafes benötigt wird (mindestens drei aufeinander folgende Epochen Stadium 3 oder 4).

7) Duration of sleep stages

Die Dauer der einzelnen Schlafstadien wird in Minuten angegeben. Die Flachschlafstadien 1 und 2 werden zu „fast wave sleep“ (FWS) summiert, ebenso die Tiefschlafstadien 3 und 4 zu „slow wave sleep“ (SWS).

4.3 Leistungstests

Bei der Auswahl der Leistungstests wurde darauf geachtet, Aufgaben zu wählen, die exekutive Funktionen beanspruchen, da es Hinweise gibt, dass gerade diese Funktionen schon nach partiellen Schlafdeprivationen beeinträchtigt sind [Jones & Harrison 2001]. Es wurden zwei der drei am häufigsten untersuchten exekutiven Funktionen („switching“ und „inhibition“) in das Experiment mit aufgenommen [Miyake et al. 2000].

Jeden Abend wurden die drei Leistungstests in permutierter Reihenfolge nacheinander dargeboten. Vor jedem Test erschien zur Erinnerung die Instruktion (siehe Anhang). Bei allen drei Tests wurden die Probanden aufgefordert, so schnell wie möglich zu reagieren. Durch ein Beep-Signal aus den Kopfhörern wird der Proband im Falle einer langsamen Reaktion zusätzlich daran erinnert. Das Beep-Signal ist dabei individuell auf den jeweiligen Probanden zugeschnitten. Die zulässige Reaktionszeit berechnet sich aus den in jeder Aufgabe während der Übungsphase ermittelten durchschnittlichen Reaktionszeiten plus 150 ms Bonus. Wird diese Reaktionszeitgrenze überschritten, ertönt aus dem Kopfhörer ein auditives Warnsignal kurz vor Ablauf der maximalen Reaktionszeit.

4.3.1 Go/Nogo-Aufgabe

Mit der Go/Nogo-Aufgabe werden inhibitorische Prozesse erfasst, welche die Hemmung von vorherrschenden Handlungstendenzen beinhalten [z.B. Miyake et al. 2000]. Bei der Aufgabe werden Reize präsentiert, auf die reagiert werden soll (Go-Stimuli) und Reize, bei denen eine Reaktion unterdrückt werden soll (Nogo-Stimuli).

Die Go/Nogo-Aufgabe wurde in zwei Schwierigkeitsgraden durchgeführt. Die schwierige Aufgabe erfordert eine höhere inhibitorische Anstrengung, da die Stimuli zum Teil inkompatibel mit der Reaktion sind (siehe unten).

4.3.1.1 Einfache Go/Nogo-Aufgabe

Die Wörter „drück“ und „stopp“ wurden sowohl in Groß- als auch in Kleinbuchstaben in der Bildschirmmitte für je 170 ms präsentiert. Dabei wird jede Bedingung 30 Mal randomisiert dargeboten. Die Probanden wurden aufgefordert, so schnell wie möglich eine Taste einer speziellen 2er Tastatur zu drücken, wenn die Wörter „drück“ oder „DRÜCK“ erscheinen (Go-Stimuli). Auf die Wörter „stopp“ und „STOPP“ sollte nicht reagiert werden (Nogo-Stimuli). Das Zeitintervall zwischen zwei Wörtern betrug 1750 ms.

Nicht beantwortete Go-Stimuli wurden am Ende des Durchganges wiederholt, um immer 120 trials für die Auswertung berücksichtigen zu können. Als abhängige Variablen wurden die Reaktionszeiten bei richtigen Antworten und die Anzahl der Fehler, d.h. die Anzahl der gedrückten Tasten bei Nogo-Stimuli ausgewertet.

4.3.1.2 Komplexe Go/Nogo-Aufgabe

Bei dieser Aufgabe erscheinen die gleichen Wörter wie bei der einfachen Version, allerdings jedes Wort 50 Mal. In der Instruktion wird nun aber die Aufmerksamkeit auf die Groß- bzw. Kleinschreibung gerichtet. Reagiert werden sollte auf „drück“ (kompatibler Reiz) und „STOPP“ (inkompatibler Reiz), nicht aber auf „DRÜCK“ (inkompatibler Reiz) und „stopp“ (kompatibler Reiz). Ansonsten gelten die gleichen Auswertungsmodalitäten wie bei der einfachen Go/Nogo-Aufgabe.

4.3.2 Switchaufgabe

Die Switchaufgabe bedient sich dem Aufgabenwechselparadigma, welches die mentale Umstellungsfähigkeit zwischen mindestens zwei konkurrierenden Aufgaben beinhaltet. Es wird angenommen, dass bei dem Wechsel von einer Aufgabe zur anderen eine neue Aufgabenkonfiguration aktiviert und gleichzeitig die vorherige

Aufgabenkonfiguration unterdrückt wird [Monsell 1996]. Dieser Wechsel geht sowohl mit Zeit- als auch mit Fehlerkosten einher, die als Wechselkosten bezeichnet werden.

In der Mitte des Bildschirms erscheinen um einen Fixpunkt herum in den Ecken eines virtuellen Quadrates nacheinander zweistellige Zahlen für jeweils 170 ms. Abhängig von der Position der Zahl muss diese nach folgenden Kriterien beurteilt werden:

- a) erscheint die Zahl oberhalb des Fixpunktes soll beurteilt werden, welche der beiden Ziffern gerade ist
- b) erscheint die Zahl unterhalb des Fixpunktes soll entschieden werden, welche Ziffer größer ist.

Die Antworten erfolgen durch entsprechenden Tastendruck einer eigens für die Leistungstests hergestellte 2er-Tastatur, wobei die linke Ziffer der linken Taste und die rechte Ziffer der rechten Taste entsprechen.

Die 240 Stimuli werden im Uhrzeigersinn präsentiert, so dass sich der Proband darauf vorbereiten kann, ob ein Aufgabenwechsel (switch) erfolgt oder eine Aufgabenwiederholung (non-switch). 1000 ms nach der Reaktion erscheint jeweils die nächste Zahl (Reaktions-Stimulus-Intervall). Jeder nicht beantwortete Stimulus (hierzu zählen sowohl Reaktionszeiten oberhalb der voreingestellten Warnzeit als auch Reaktionszeiten, die unterhalb von 100 ms liegen), wird am Ende der Sitzung wiederholt, so dass immer 240 Stimuli in die Auswertung mit eingehen.

Als abhängige Variablen gehen in die Analyse folgende Parameter ein: Reaktionszeiten (switch und non-switch), Fehler (switch und non-switch) sowie die Wechselkosten (Differenz aus switch und non-switch) der Reaktionszeiten und Fehler als Maß für die Umschaltfähigkeit.

5 *Statistische Auswertungen*

Die Angaben zu den Interrater-Reliabilitäten der Polysomnographiedaten beruhen auf prozentualen Übereinstimmungen der Epochen. Die Skalen des Morgenfragebogens hinsichtlich der subjektiven Schlafqualität wurden mittels Faktorenanalyse auf ihre Zusammengehörigkeit überprüft.

Zur Bearbeitung der beschriebenen Hypothesen wurden die inferenzstatistischen Verfahren t-Tests für gepaarte Stichproben, Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholungen sowie Kovarianzanalysen benutzt. Der t-Test für gepaarte Stichproben wurde gebraucht, um Unterschiede in den Reaktionen zwischen den Ruhenächten und den Lärmnächten zu berechnen. Dazu wurden die Mittelwerte aus den drei Ruhenächten und aus den neun Lärmnächten (unabhängig von Lärmarten und Lärmpegel) gebildet. Zur Untersuchung der Lärmabhängigkeit sowie zur Testung der Persönlichkeitseffekte wurden ANOVAs mit Messwiederholungen gewählt. Als Zwischensubjektfaktor gehen jeweils die dichotomisierten Persönlichkeitsmerkmale in die ANOVA mit ein. Zur Überprüfung der Hypothese 2a, ob ein Großteil der in den Varianzanalysen gefundenen Effekte in den Leistungsdaten auf den Einfluss der Schlafqualität zurückzuführen ist, werden Kovarianzanalysen durchgeführt.

Alle statistischen Analysen wurden mit SPSS 12.0 für Windows durchgeführt. P-Werte ≤ 0.05 werden als signifikantes Ergebnis, p-Werte ≤ 0.10 als signifikanter Trend betrachtet.

ERGEBNISSE

Der Ergebnisteil ist in zwei Teile gegliedert, wovon der erste Teil die Ergebnisse der zwei eingesetzten Methoden Polysomnogrammauswertung und subjektive Schlafbewertung aufgreift und der zweite die Ergebnisse zu den einzelnen Hypothesen beschreibt.

1 *Ergebnisse zum Methodenteil*

Die Interrater-Reliabilitäten der Polysomnogrammauswertung sowie die Skalen zur subjektiven Schlafbeeinträchtigung werden nacheinander statistisch betrachtet.

1.1 Interrater-Reliabilitäten bei der Polysomnogrammauswertung

Zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität wurden je vier Ruhenächte und vier Lärnnächte der Polysomnogrammaufzeichnung zufällig ausgewählt. Diese wurden von beiden Auswertern klassifiziert und anschließend auf ihre epochenweise Übereinstimmung geprüft. Insgesamt wurden 7680 Epochen (8 x 960) doppelt ausgewertet. Die Übereinstimmung wurde getrennt einmal für die einzelnen Schlafstadien (Tabelle 3) und für die einzelnen Nächte (Tabelle 4) durchgeführt.

Tabelle 3: Prozentuale Übereinstimmung der Polysomnogramm-Epochen (aufgeteilt nach Schlafstadien)

Schlafstadium	Σ Epochen	Σ Differenzen	Übereinstimmung
Total	7680	793	89.7
Wach	781	113	85.5
Stadium 1	315	115	63.5
Stadium 2	3783	234	93.8
Stadium 3	585	137	76.6
Stadium 4	532	109	79.5
Stadium REM	1684	85	95.0

Aufgeteilt nach Schlafstadien konnte insgesamt eine Übereinstimmung von 89.7% erreicht werden. Die prozentualen Übereinstimmungen variierten dabei zwischen 63.5% und 95.0%.

Aufgeteilt nach den einzelnen Nächten ergibt sich eine geringere Varianz der Übereinstimmungen, die zwischen 85.7% und 91.5% liegt (Tabelle 4).

Tabelle 4: Prozentuale Übereinstimmung der Polysomnogramm-Epochen (aufgeteilt nach Nächten)

Nächte	Σ Epochen	Σ Differenzen	Übereinstimmung
Pb 01 Ruhe 32 dB(A)	960	80	91.7
Pb 04 Schiene 39 dB(A)	960	78	91.9
Pb 06 Ruhe 32 dB(A)	960	137	85.7
Pb 08 Straße 50 dB(A)	960	109	88.6
Pb 10 Luft 44 dB(A)	960	104	89.3
Pb 12 Schiene 50 dB(A)	960	88	90.8
Pb 13 Ruhe 32 dB(A)	960	93	90.3
Pb 15 Ruhe 32 dB(A)	960	104	89.2

1.2 Subjektive Schlafbeeinträchtigung

Mit Hilfe einer Faktorenanalyse wird geprüft, ob die sechs Skalen, die zur Messung der Schlafqualität am Morgen eingesetzt werden, einen einheitlichen Faktor abbilden, oder ob sie in mehrere Komponenten eingeteilt werden können. Als Daten gehen die Werte der gemittelten drei Ruhenächte in die Faktorenanalyse ein. Die Hauptkomponentenanalyse wird als Methode gewählt und als Vorgabe zur Extraktion die Bedingung gestellt, dass die Eigenwerte der Faktoren größer als 1 sein sollten.

Die zugrunde liegende Korrelationsmatrix (Tabelle 5) der Faktorenanalyse lässt erkennen, dass die meisten Variablen (mit Ausnahme der Schlafdauer) relativ hoch miteinander korrelieren.

Um zu testen, ob die ausgewiesenen Korrelationen sich nur zufällig für die zugrunde liegende Stichprobe errechnen, obwohl in der Grundgesamtheit keinerlei Zusammenhang zwischen den Variablen besteht, wird zusätzlich noch der Barlett-Test auf Sphärizität gerechnet. Die Testgröße von Barletts Test ist ein Chi-Quadrat-Wert von 65.60, dem ein Signifikanzwert von $p < 0.001$ ausgewiesen wird.

Tabelle 5: Matrix der Korrelationskoeffizienten für die sechs Variablen der Schlafbewertung

	Ein- schlafen	Schlaf- ruhe	Schlaf- tiefe	Schlaf- dauer	Schlaf- erholung	Bewe- gungen
Einschlafen	1.00	.651	.335	.046	.238	.464
Schlafruhe	.651	1.00	.761	.272	.511	.708
Schlaf- tiefe	.335	.761	1.00	.203	.640	.429
Schlaf- dauer	.046	.272	.203	1.00	.183	.269
Schlaf- erholung	.238	.511	.640	.183	1.00	.568
Bewegungen	.464	.708	.429	.269	.568	1.00

Nach der Hauptkomponentenanalyse (Tabelle 6) wird deutlich, dass nur der erste Faktor dem zuvor definierten Kriterium von Eigenwert >1 entspricht. Dieser Faktor mit einem Eigenwert von 3.24 erklärt gut 54% der gesamten Varianz. Der zweite Faktor liegt knapp unter 1 und würde einen zusätzlichen Erklärungsbeitrag von 16% leisten.

Tabelle 6: Eigenwerte der Faktoren

KOMPO- NENTE	ANFÄNGLICHE EIGENWERTE			SUMMEN VON QUADRIERTEN FAKTORLADUNGEN FÜR EXTRAKTION		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	3,247	54,109	54,109	3,247	54,109	54,109
2	,977	16,281	70,390			
3	,818	13,632	84,022			
4	,545	9,082	93,103			
5	,331	5,521	98,624			
6	,083	1,376	100,000			

Bei dieser einfaktoriellen Lösung wird anhand der Faktormatrix (Tabelle 7) ersichtlich, dass alle Variablen auf den ersten Faktor laden, wobei die Variable Schlafdauer die geringste Faktorladung aufweist.

Tabelle 7: Faktormatrix mit dem Zusammenhang zwischen dem Faktor 1 und den Variablen

	<i>Komponente 1</i>
Schlafruhe	,925
Bewegungshäufigkeit	,808
Schlaf tiefe	,806
Schlaferholung	,741
Einschlafen	,641
Schlafdauer	,356

Da nur ein Faktor extrahiert wurde, entfällt der letzte Schritt der Rotation. Das Ergebnis der Faktorenanalyse erlaubt für weitere Berechnungen, die sechs Skalen zu einer Skala aufzusummieren, die im Weiteren als „subjektive Schlafbeeinträchtigung“ bezeichnet wird.

Zur Bestimmung der Reliabilität der Skala „subjektive Schlafbeeinträchtigung“ wurde Cronbachs Alpha berechnet. Gemittelt über alle Nächte ergab sich eine innere Konsistenz von $r = 0.82$, getrennt in Ruhe- und Lärmnächte lag Cronbachs Alpha bei $r = .87$ (Lärmnächte) bzw. bei $r = .80$ (Ruhennächte).

2 *Hypothesenergebnisse*

In der Reihenfolge der Hypothesen werden nun die Ergebnisse dargestellt. Von den insgesamt 312 Nächten gingen 284 in die statistische Auswertung ein. Die jeweils erste Nacht der Probanden wurde wegen den in der Literatur beschriebenen „first night“-Effekten nicht berücksichtigt [Coates et al. 1981]. Neben diesen 24 Nächten mussten vier weitere Nächte aufgrund technischer Probleme bei der Aufzeichnung ausgeschlossen werden.

2.1 *Ergebnisse zu den generellen Lärmwirkungshypothesen*

Im Folgenden werden die Reaktionen in bzw. nach den Ruhenächten mit denen nach Lärmnächten verglichen. In den ersten beiden Kapiteln werden die Lärmreaktionen anhand der gemittelten neun Lärmnächte betrachtet und den drei gemittelten Ruhenächten mit Hilfe des t-Tests für gepaarte Stichproben gegenüber gestellt. Im dritten Kapitel wurde über die Lärmarten nach den Dauerschallpegeln getrennt gemittelt und ANOVAs mit Messwiederholungen gerechnet, wobei die vier über alle Lärmarten gemittelten Pegel (32, 39, 44 und 50 dB(A)) als Merkmalsausprägungen des Faktors in die Analysen mit eingehen.

2.1.1 *Ergebnisse Hypothese 1*

In der ersten Hypothese wird angenommen, dass nächtlicher Verkehrslärm zu **globalen Primärreaktionen** führt, die sich in Änderungen der physiologisch gemessenen Schlafdaten äußern.

Das Schlafverhalten war in den Lärmnächten im Vergleich zu den Ruhenächten deutlich verändert (siehe Tabelle 8). In den Lärmnächten war die intermittierte Wachzeit (WASO) um knapp 9 Minuten erhöht ($t(1;23) = -3.71$) und die Gesamtschlafzeit (TST) um knapp 10 Minuten reduziert ($t(1;23) = 3.03$). Die Schlaffeffizienz (SEI) war gegenüber den Ruhenächten signifikant vermindert ($t(1;23) = 3.81$). Der Tiefschlaf (LSWS) wurde in Lärmnächten tendenziell fast 5 Minuten später erreicht ($t(1;23) = -1.72$) und der Anteil an Tiefschlaf (SWS; $t(1;23) = 2.35$) sowie der Anteil an REM-Schlaf waren signifikant verkürzt ($t(1;23) = 2.60$).

Die Einschlafzeit (SOL), die Dauer der Schlafperiode (SPT) sowie die Dauer des flachen Schlafes (FWS) waren vom nächtlichen Verkehrslärm nicht signifikant betroffen.

Tabelle 8: Vergleich des Schlafverhaltens zwischen den drei gemittelten Ruhenächten und den neun gemittelten Lärmnächten mit dem t-Test für gepaarte Stichproben (zweiseitig getestet)

<i>Polysomnogramm</i>	Ruhenächte		Lärmnächte		p-Wert (t-Test)
	AM	± SD	AM	± SD	
SPT (min)	455.31	± 19.59	454.62	± 10.62	0.855
WASO (min)	29.97	± 13.39	38.72	± 16.22	< 0.001
TST (min)	425.32	± 23.50	415.90	± 21.90	0.007
SEI	0.93	± 0.03	0.91	± 0.04	< 0.001
SOL (min)	21.83	± 12.67	23.73	± 10.95	0.276
LSWS (min)	17.70	± 9.53	22.38	± 15.23	0.099
FWS (min)	245.11	± 26.94	247.39	± 18.88	0.525
SWS (min)	73.25	± 25.60	67.92	± 26.23	0.028
REM (min)	106.96	± 14.18	100.59	± 15.45	0.016

2.1.2 Ergebnisse Hypothese 2 a

Die zweite Hypothese besagt, dass sich nächtlicher Verkehrslärm auch negativ auf die **Sekundärreaktionen** am nachfolgenden Tag auswirkt. Dazu werden sowohl die subjektive Schlafbewertung, das Befinden als auch die kognitive Leistung betrachtet.

Nach Lärmnächten wurde im Vergleich zu Ruhenächten sowohl der Faktor **subjektive Schlafbeeinträchtigung** (Tabelle 9) als auch jede einzelne der sechs Schlafqualitätsskalen schlechter beurteilt (Schlafbeeinträchtigung $t = 6.36$, Einschlafen $t = -5.72$, Schlafruhe $t = -5.45$, Schlaftiefe $t = -5.33$, Schlafdauer $t = -2.73$, Schlaferholung $t = -5.96$ und Bewegungshäufigkeit $t = -5.08$).

Tabelle 9: Vergleich der subjektiven Schlafqualität und des Befindens zwischen den drei gemittelten Ruhenächten und den neun gemittelten Lärmnächten mit dem t-Test für gepaarte Stichproben (zweiseitig getestet)

Subjektive Daten	Ruhenächte		Lärmnächte		p-Wert (t-Test)
	AM	± SD	AM	± SD	
Schlafqualität					
Einschlafen	2.79	± 1.12	4.01	± 1.22	< 0.001
Schlafruhe	3.10	± 1.12	4.49	± 1.27	< 0.001
Schlaftiefe	3.22	± 0.96	4.44	± 1.16	< 0.001
Schlafdauer	5.03	± 1.23	5.50	± 0.88	0.012
Schlaferholung	3.81	± 0.91	5.07	± 1.08	< 0.001
Bewegung	3.71	± 1.31	4.62	± 1.28	< 0.001
Schlafbeeinträchtigung	21.65	± 4.76	28.12	± 5.40	< 0.001
Befinden					
Stimmung	2.81	± 1.24	3.43	± 1.07	0.010
Wachheit	4.25	± 1.76	5.04	± 1.53	0.001
Ruhe	2.50	± 1.01	3.16	± 1.00	< 0.001

Das **Befinden** war nach Nächten mit Verkehrslärm im Vergleich zu ruhigen Nächten signifikant gestört (Tabelle 9). Die Stimmung der Probanden war beeinträchtigt ($t = -2.81$), sie gaben eine erhöhte Müdigkeit an ($t = -3.65$) und fühlten sich durch den Verkehrslärm unruhiger ($t = 4.97$).

Die **kognitive Leistung** (Tabelle 10) wurde mit drei Aufgaben gemessen. Bei der **einfachen Go/Nogo-Aufgabe** war die Reaktionszeit (RT) bei gleich bleibender Fehlerzahl nach den Lärmnächten verglichen mit den Zeiten nach Ruhenächten signifikant verlängert ($t(1;23) = 4.01$).

Tabelle 10: Vergleich der kognitiven Leistung zwischen den drei gemittelten Ruhenächten und den neun gemittelten Lärmnächten mit dem t-Test für gepaarte Stichproben (zweiseitig getestet)

Leistungsdaten	Ruhenächte		Lärmnächte		p-Wert (t-Test)
	AM	± SD	AM	± SD	
Einfache Go/Nogo-Aufgabe					
RT (ms)	303.89	± 22.53	308.10	± 22.87	0.04
Fehler	2.96	± 4.01	2.22	± 1.74	0.25
Komplexe Go/Nogo-Aufgabe					
RT (ms)	373.60	± 28.81	371.80	± 26.97	0.35
Fehler	11.03	± 9.31	11.19	± 9.79	0.82
Switchaufgabe					
RT switch (ms)	370.59	± 49.01	374.41	± 50.41	0.07
RT non-switch (ms)	365.38	± 47.40	369.48	± 47.74	0.09
Fehler switch	18.53	± 18.43	18.43	± 12.86	0.89
Fehler non-switch	15.72	± 10.65	15.31	± 11.69	0.59
Wechselkosten RT	5.22	± 7.42	4.93	± 7.45	0.84
Wechselkosten Fehler	2.81	± 3.80	3.12	± 2.73	0.64

Bei der **komplexen Go/Nogo-Aufgabe** wurden sowohl bei der Reaktionszeit als auch bei den Fehlern keine bedeutsamen Unterschiede beim paarweisen Vergleich zwischen Ruhe- und Lärmnächten gefunden.

In der **Switchaufgabe** nahmen die Reaktionszeiten nach Lärmnächten sowohl in der switch-Bedingung ($t(1;23) = 1.87$) als auch in der non-switch-Bedingung ($t(1;23) = 1.76$) tendenziell zu. Die Fehler und die Wechselkosten blieben nach Lärm- und Ruhenächten konstant.

2.1.3 Ergebnisse Hypothese 2b

Mit der Hypothese 2b wird geprüft, ob die gefundenen Leistungsbeeinträchtigungen auf die gemessenen Unterschiede im Schlafverhalten zurückzuführen sind. Dazu wurden bei allen Schlafparametern Differenzen (Lärmnächte – Ruhenächte) gebildet und diese als Kovariaten in den unter 2.1.2 aufgeführten ANOVAs mit einbezogen. Wenn die dort gefundenen signifikanten Haupteffekte nach dem Einfügen der Kovariaten nicht mehr auftreten, so lässt sich ein Großteil des in der ANOVA gefundenen Unterschieds zwischen Ruhe- und Lärmnächte auf den Einfluss der Kovariaten zurückführen.

Überprüft werden die Annahmen für die abhängigen Variablen Reaktionszeit (switch, non-switch und einfache Go/Nogo-Aufgabe), bei denen Beeinträchtigungen nach Lärmnächten gefunden wurden. Die Tabelle 11 gibt die F-Werte als auch die p-Werte für den Haupteffekt Lärm an.

Tabelle 11: Kovarianzanalysen für die abhängigen Variablen Reaktionszeit switch, non-switch und einfache Go/Nogo-Aufgabe

Kovariaten	RT switch	RT non-switch	RT Go/Nogo
Differenzen (Lärm – Ruhe)	F-Wert (p-Wert)	F-Wert (p-Wert)	F-Wert (p-Wert)
SPT	4.19 (.053)	3.45 (.077)	5.64 (.027)
WASO	0.13 (.720)	0.09 (.764)	12.41 (.002)
TST	3.21 (.087)	2.30 (.152)	1.73 (.202)
SEI	0.16 (.683)	0.08 (.781)	10.71 (.003)
SOL	3.39 (.079)	2.50 (.128)	3.17 (.089)
LSWS	2.58 (.122)	2.26 (.147)	5.57 (.028)
FWS	3.99 (.058)	3.84 (.063)	6.22 (.021)
SWS	4.71 (.041)	4.22 (.052)	2.24 (.149)
REM	4.95 (.037)	4.48 (.046)	8.16 (.009)
Schlafbeeinträchtigung	2.81 (.108)	2.23 (.149)	0.43 (.517)

Bei allen drei abhängigen Variablen zeigte sich unter Einfluss der Kovariaten ein Rückgang der in Kapitel 2.1.2 gefundenen Haupteffekte. Bei den Reaktionszeiten in der switch-Bedingung waren es die Kovariaten „Wakefulness After Sleep Onset“ (WASO), „Sleep Efficiency Index“ (SEI), „Latency Slow Wave Sleep“ (LSWS) sowie die subjektiv bewertete Schlafbeeinträchtigung. Bei den Reaktionszeiten in der non-switch-Bedingung konnten neben den schon unter switch-Bedingungen aufgeführten Variablen auch die „Total Sleep Time“ (TST) und die „Sleep Onset Latency“ (SOL) zur Erklärung der Haupteffekte beitragen. In der einfachen Go/Nogo-Aufgabe wurden die Haupteffekte bei den Reaktionszeiten über die Kovariaten „Total Sleep Time“ (TST), „Slow Wave Sleep“ (SWS) und der subjektiven Schlafbeeinträchtigung erklärt.

2.1.4 Ergebnisse Hypothese 3

Laut Hypothese 3 sollen die primären und sekundären Lärmreaktionen mit steigendem äquivalentem Dauerschallpegel sukzessive zunehmen.

Die Ergebnisse der **physiologischen Schlafparameter** in Relation zu den Pegeln sind der Tabelle 12 zu entnehmen. Für die vier Pegelbedingungen (32, 39, 44 und 50 dB(A)) wurde über die drei Lärmarten gemittelt.

Signifikante Haupteffekte sind für die aus dem Polysomnogramm berechneten Schlafparameter WASO, SEI, SWS und tendenzielle Effekte für TST und REM gefunden worden.

Die Minuten im Tiefschlaf (SWS; Abbildung 8) nehmen mit zunehmendem Pegel sukzessive ab, wobei die Varianzaufklärung (Eta-Quadrat = .118) 11,8% beträgt.

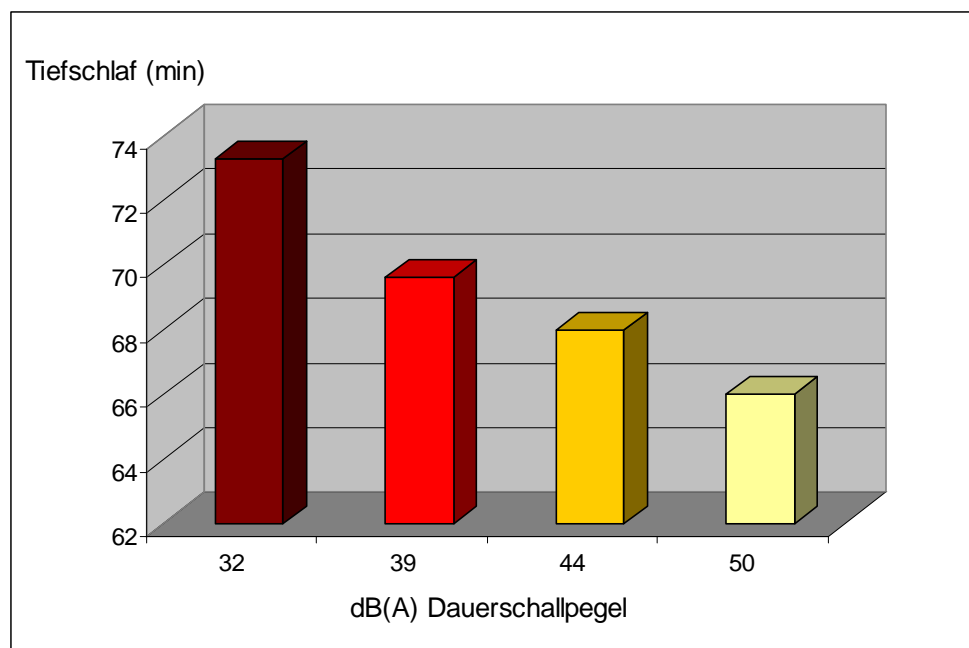


Abbildung 8: Graduelle Änderung des Tiefschlafes in Relation zum äquivalenten Dauerschallpegel

Das Gleiche gilt für den tendenziellen Effekt beim REM-Schlaf (Abbildung 9), dessen Anteile sich auch mit zunehmendem äquivalentem Dauerschallpegel verringern (Eta-Quadrat = .088).

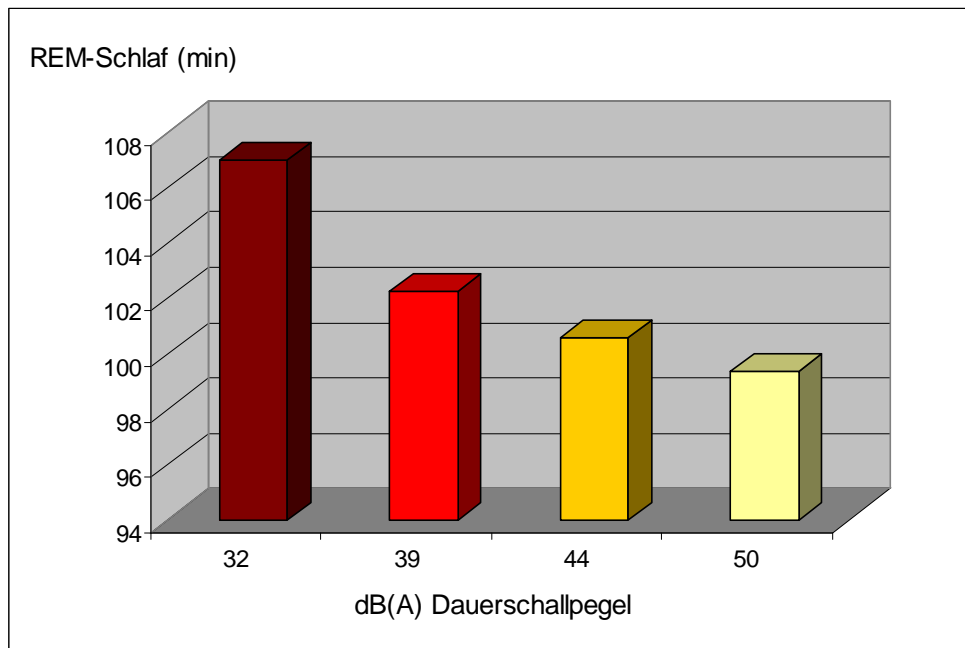


Abbildung 9: Graduelle Änderung des REM-Schlafes in Relation zum äquivalenten Dauerschallpegel

Die intermittierte Wachzeit (WASO) nimmt mit steigendem Pegel nicht kontinuierlich zu, sondern ist in der 44-dB(A)-Bedingung verglichen mit der 39-dB(A)-Bedingung wieder rückläufig, um dann in der 50-dB(A)-Bedingung wieder anzusteigen.

Die Gesamtschlafzeit (TST) und die Schlafeffizienz (SEI) nehmen zwischen der Ruhebedingung und der 39-dB(A)-Bedingung ab, bleiben während der 44-dB(A)-Bedingung auf gleich bleibendem Niveau. Erst in der höchsten Pegelstufe ist bei beiden Parametern weiter eine Abnahme zu beobachten.

Tabelle 12: Schlafparameter in Relation zum äquivalenten Dauerschallpegel (ANOVA mit Messwiederholungen; AM = Mittelwert; SD = Standardabweichung, a = Sphärizität verletzt, deshalb Korrektur nach Greenhouse-Geisser)

Polysomnogramm	Ruhenächte		L_{Aeq} = 39 dB		L_{Aeq} = 44 dB		L_{Aeq} = 50 dB		F-Wert (3;23)	p-Wert
	AM	± SD	AM	± SD	AM	± SD	AM	± SD		
SPT (min)	455.31	± 19.59	455.25	± 14.16	454.39	± 14.80	454.98	± 12.02	0.03	.993
WASO (min)	29.97	± 13.39	36.49	± 17.11	35.99	± 17.83	41.73	± 20.21	4.59	.005
TST (min)	425.32	± 23.50	418.76	± 24.29	418.40	± 27.02	413.24	± 25.82	2.20	.095
SEI	0.93	± 0.03	0.92	± 0.04	0.92	± 0.04	0.91	± 0.05	4.46	.006
SOL (min)	21.83	± 12.67	23.27	± 12.76	24.48	± 14.90	23.47	± 12.13	0.40	.751
LSWS (min)	17.70	± 9.53	22.48	± 16.97	19.46	± 9.55	24.57	± 22.44	1.85	.176 ^a
FWS (min)	245.11	± 26.94	246.88	± 23.73	249.86	± 22.76	247.85	± 17.63	0.57	.636
SWS (min)	73.25	± 25.60	69.63	± 29.13	67.96	± 26.01	66.00	± 26.09	3.08	.050^a
REM (min)	106.96	± 14.18	102.24	± 16.26	100.57	± 19.90	99.38	± 16.90	2.22	.093

Sowohl bei den **subjektiven Schlafdaten** als auch bei den **Befindlichkeitsdaten** sind alle getesteten Haupteffekte signifikant (Tabelle 13). Die Varianzaufklärung liegt bei den Schlafdaten zwischen 24,7% und 49,3%, bei den Befindlichkeitsdaten ist der Teil an erklärter Varianz mit 14,4% bis 34,1% deutlich geringer. Mit steigendem Pegel fällt das Einschlafen schwerer, der Schlaf ist unruhiger und flacher, die Schlafdauer kürzer, die Erholung geringer und die Bewegungshäufigkeit nimmt zu. Das Befinden am nächsten Morgen wird mit ansteigendem Pegel schlechter eingeschätzt. Die Stimmung wird zunehmend schlechter, die Probanden fühlten sich sukzessive müder und unruhiger.

Exemplarisch für die subjektive Bewertung am nachfolgenden Tag ist die subjektive Schlafbeeinträchtigung in der Abbildung 10 wiedergegeben ($F(2;23) = 22.34$ und $p < .001$; Eta-Quadrat = 0.493).

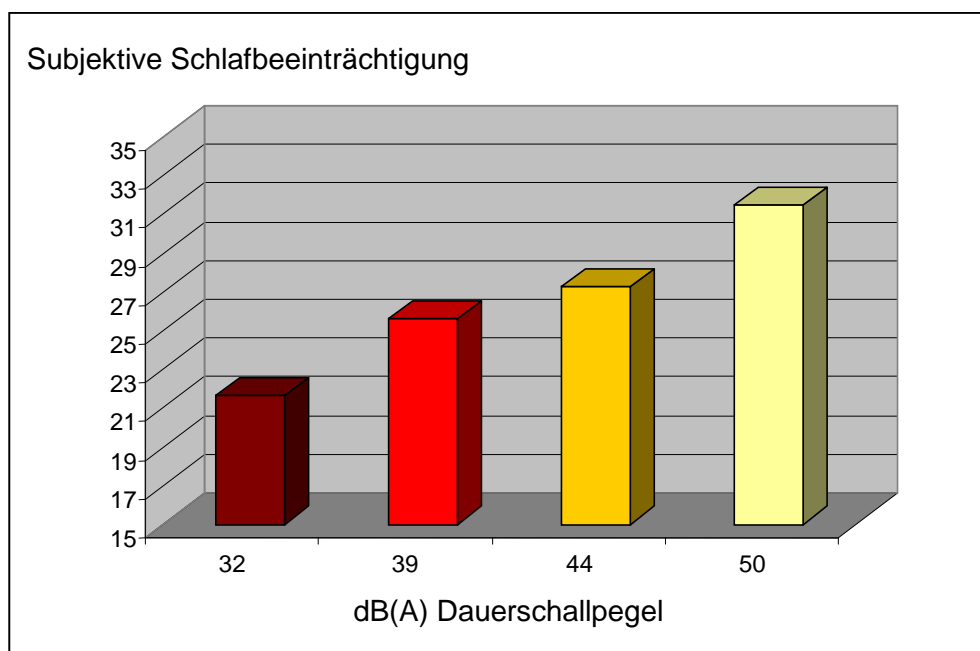


Abbildung 10: Graduelle Änderung der subjektiven Schlafbeeinträchtigung in Relation zum äquivalenten Dauerschallpegel

Tabelle 13: Subjektive Schlafqualität und Befinden in Relation zum äquivalenten Dauerschallpegel (ANOVA mit Messwiederholungen; AM = Mittelwert; SD = Standardabweichung, a = Sphärizität verletzt, deshalb Korrektur nach Greenhouse-Geisser)

Abhängige Variablen	Ruhenächte AM ± SD	L_{Aeq} = 39 dB AM ± SD	L_{Aeq} = 44 dB AM ± SD	L_{Aeq} = 50 dB AM ± SD	F-Wert (3;23)	p-Wert
Subjektive Schlafqualität						
Einschlafen	2.79 ± 1.12	3.53 ± 1.57	3.89 ± 1.58	4.61 ± 1.52	11.37	<.001
Schlafruhe	3.10 ± 1.12	4.00 ± 1.47	4.26 ± 1.37	5.19 ± 1.62	17.93	<.001
Schlaftiefe	3.22 ± 0.96	3.93 ± 1.20	4.28 ± 1.33	5.10 ± 1.59	16.60	<.001 ^a
Schlafdauer	5.03 ± 1.23	5.17 ± 1.10	5.44 ± 0.98	5.88 ± 0.98	7.56	<.001
Schlaferholung	3.81 ± 0.91	4.65 ± 1.03	4.83 ± 1.12	5.72 ± 1.54	22.38	<.001 ^a
Bewegung	3.71 ± 1.31	4.36 ± 1.56	4.53 ± 1.34	4.97 ± 1.45	10.08	<.001
Schlafbeeinträchtigung	21.65 ± 4.76	25.64 ± 6.55	27.24 ± 5.70	31.47 ± 6.84	22.34	<.001
Befinden						
Stimmung	2.81 ± 1.24	3.17 ± 1.05	3.47 ± 1.39	3.64 ± 1.41	3.88	.013
Wachheit	4.25 ± 1.76	4.47 ± 1.61	5.04 ± 1.66	5.61 ± 1.75	12.25	<.001 ^a
Ruhe	2.50 ± 1.01	3.10 ± 1.19	3.17 ± 1.22	3.22 ± 1.02	6.41	.001

Die **kognitive Leistung** am nächsten Morgen bleibt nach den verschiedenen Pegelbedingungen in der Nacht bei der **einfachen Go/Nogo-Aufgabe** unverändert (Tabelle 14).

Bei der **komplexen Go/Nogo-Aufgabe** wird bei der Reaktionszeit ein signifikanter Haupteffekt gefunden. Die Reaktionszeit nimmt zwischen der Ruhebedingung und der 39 dB(A) Bedingung ab und bleibt zwischen der 39 dB(A) und 44 dB(A) Bedingung konstant. Nach der 50 dB(A) Bedingung wird die langsamste Reaktion erzielt.

Bei der **Switchaufgabe** konnte ein tendenzieller Effekt nachgewiesen werden, der sich in mit den Pegeln zunehmenden Reaktionszeiten in beiden Aufgabenbedingungen (switch und non-switch) äußert (Abbildung 11) und einen Varianzteil von 9,6% bzw. 10,1% erklärt. Die Fehler und Wechselkosten bleiben über die Lärmbedingungen konstant.

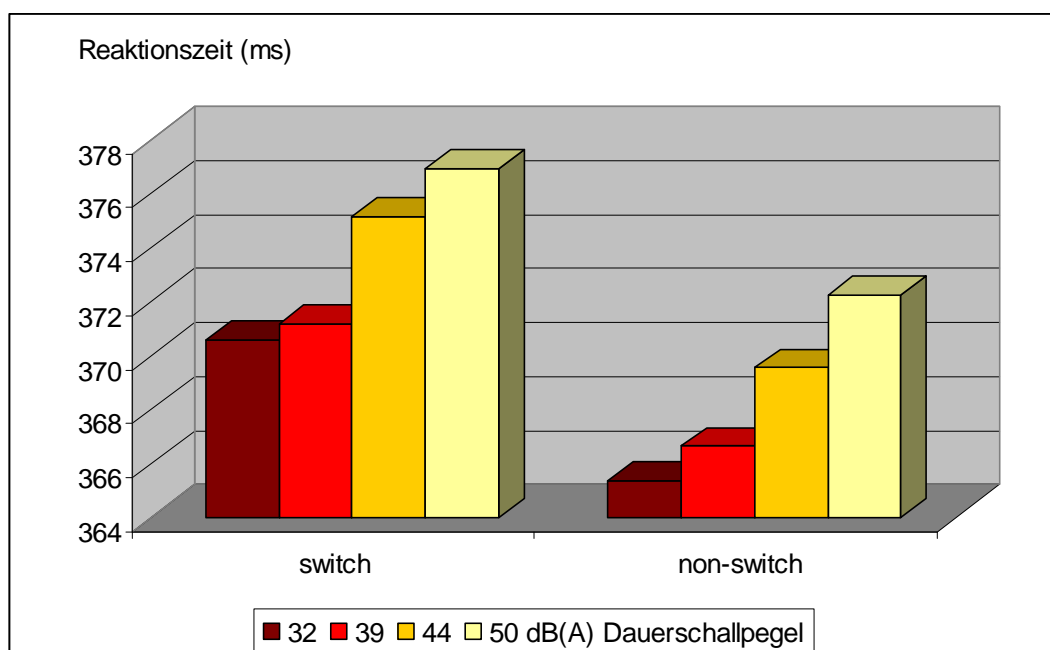


Abbildung 11: Graduelle Änderung der Reaktionszeiten bei der Switchaufgabe (switch und non-switch trial) in Relation zum äquivalenten Dauerschallpegel

Tabelle 14: Kognitive Leistung in Relation zum äquivalenten Dauerschallpegel (ANOVA mit Messwiederholungen; AM = Mittelwert; SD = Standardabweichung, a = Sphärizität verletzt, deshalb Korrektur nach Greenhouse-Geisser)

Abhängige Variablen	Ruhenächte AM ± SD	L_{Aeq} = 39 dB AM ± SD	L_{Aeq} = 44 dB AM ± SD	L_{Aeq} = 50 dB AM ± SD	F-Wert (3;23)	p-Wert
Einfache Go/Nogo-Aufgabe						
RT (ms)	303.89 ± 22.53	302.51 ± 23.93	307.69 ± 22.59	309.07 ± 24.98	1.73	.169
Fehler	2.96 ± 4.01	2.38 ± 2.40	2.25 ± 1.89	2.01 ± 1.49	1.20	.304 ^a
Komplexe Go/Nogo-Aufgabe						
RT (ms)	373.60 ± 28.81	369.83 ± 27.21	369.85 ± 28.05	375.52 ± 28.09	2.84	.044
Fehler	11.03 ± 9.31	11.57 ± 10.46	10.97 ± 9.08	11.03 ± 10.77	0.19	.793 ^a
Switchaufgabe						
RT switch (ms)	370.59 ± 49.01	371.18 ± 50.39	375.13 ± 50.90	376.92 ± 51.91	2.44	.072
RT non-switch (ms)	365.38 ± 47.40	366.65 ± 49.96	369.55 ± 47.24	372.24 ± 47.70	2.58	.061
Fehler switch	18.53 ± 18.43	18.56 ± 12.41	18.32 ± 14.04	18.40 ± 12.78	0.03	.993
Fehler non-switch	15.72 ± 10.65	15.35 ± 11.95	14.97 ± 11.78	15.60 ± 11.80	0.34	.798
Wechselkosten RT	5.22 ± 7.42	4.53 ± 8.04	5.58 ± 8.47	4.67 ± 10.27	0.16	.926
Wechselkosten Fehler	2.81 ± 3.80	3.21 ± 3.37	3.35 ± 3.82	2.81 ± 4.33	0.19	.906

2.2 Ergebnisse zu den Extraversionshypothesen

Zu Beginn dieses Kapitels werden zuerst die deskriptiven Daten bezüglich der Skala **Extraversion** angegeben. Bei der potenziellen Spannweite der Skala von 0 bis 14 erreichen die 24 Probanden einen Mittelwert von 9.88 und eine Standardabweichung von 3.04. Das Minimum der Werte liegt bei 3 und das Maximum bei 14 (Abbildung 12).

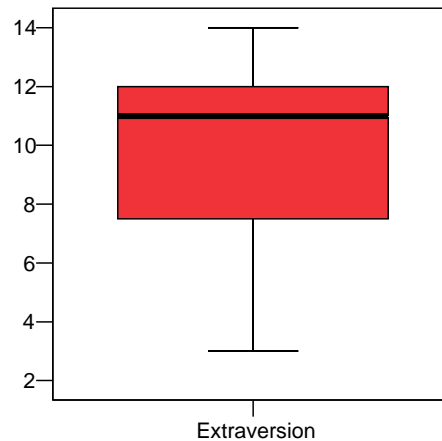


Abbildung 12: Boxplot für die Variable Extraversion

Zur Testung der Extraversionshypothesen wird bei der Stichprobe eine Mediandichotomisierung vorgenommen, bei der die 24 Probanden am Median von elf in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Die Zuordnung zu der Gruppe der „Introvertierten“ erfolgte bei Probanden mit einem Extraversionswert zwischen 3 und 10. Probanden mit Werten zwischen 11 und 14 werden der Gruppe der „Extravertierten“ zugeteilt. Die Gruppe der Introvertierten besteht demnach aus 11 Probanden, die Gruppe der Extravertierten aus 13 Probanden.

Zur Überprüfung der folgenden vier Hypothesen werden Varianzanalysen mit Messwiederholungen gerechnet, bei denen der dichotomisierte Extraversionswert als Zwischensubjektfaktor und die über neun Lärnächte bzw. über drei Ruhenächte gemittelten jeweiligen Variablen als Innersubjektfaktor mit zwei Merkmalsausprägungen in die Analyse mit eingehen.

2.2.1 Ergebnisse zu Hypothese 4

Die vierte Hypothese lautet, dass bezüglich der *physiologischen Schlafparameter* keine Unterschiede zwischen Extravertierten und Introvertierten erwartet werden.

Tabelle 15 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen getrennt für Introvertierte und Extravertierte. Die Haupteffekte für den Faktor Lärm (neun Lärmnächte versus drei Ruhenächte) sind in dieser und in den folgenden Tabellen nicht wieder aufgeführt, da die Lärmwirkungseffekte schon in den Hypothesen 1 bis 3 ausführlich behandelt wurden. Diese und folgende Tabellen beinhalten die p-Werte der Haupteffekte für den Faktor Extraversion sowie die p-Werte für die Wechselwirkungen zwischen Extraversion und Lärm.

Bei keinem der berechneten physiologischen Schlafparameter konnte ein Haupteffekt bzw. eine Wechselwirkung festgestellt werden. Introvertierte unterscheiden sich von Extravertierten hinsichtlich der mit dem Polysomnogramm gemessenen Schlafparameter weder in Ruhe- noch in Lärmnächten bedeutsam voneinander.

Tabelle 15: Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (SD) der physiologischen Schlafparameter getrennt für Extravertierte und Introvertierte. p-Werte für Haupteffekte Extraversion (HE) und für die Wechselwirkungen zwischen Extraversion und Lärm (WW)

Polysomnogramm	Introvertierte (n = 11)			Extravertierte (n = 13)			HE	WW
	Ruhenächte	Lärmnächte		Ruhenächte	Lärmnächte		p-Wert	
	AM ± SD	AM ± SD		AM ± SD	AM ± SD		df (1;22)	
SPT (min)	451.2 ± 26.3	454.6 ± 8.6		458.8 ± 11.5	454.6 ± 12.0		.494	.264
WASO (min)	28.8 ± 9.4	41.6 ± 14.3		30.9 ± 16.4	36.6 ± 18.7		.805	.142
TST (min)	422.3 ± 31.6	413.0 ± 18.1		427.9 ± 14.4	418.1 ± 25.6		.556	.933
SEI	0.94 ± 0.02	0.91 ± 0.03		0.93 ± 0.04	0.92 ± 0.04		.749	.217
SOL (min)	23.0 ± 14.4	22.6 ± 8.8		20.8 ± 11.5	24.4 ± 12.2		.965	.204
LSWS (min)	15.8 ± 4.67	19.7 ± 4.65		19.3 ± 12.2	24.8 ± 20.9		.348	.788
FWS (min)	246.9 ± 30.64	253.0 ± 22.4		243.6 ± 24.6	242.2 ± 14.6		.447	.251
SWS (min)	70.9 ± 20.0	65.9 ± 21.6		75.2 ± 30.2	69.8 ± 30.7		.704	.918
REM (min)	104.5 ± 16.8	94.1 ± 13.7		109.1 ± 11.8	106.2 ± 15.4		.138	.121

2.2.2 Ergebnisse zu Hypothese 5

Die fünfte Hypothese besagt, dass Introvertierte ihre Schlafqualität nach Ruhenächten als besser beurteilen, während Extravertierte dies nach Lärmnächten tun.

Wie in Tabelle 16 zu sehen, erreicht keiner der getesteten Haupteffekte ein signifikantes Ergebnis. Die ANOVA mit Messwiederholung bringt allerdings zwei signifikante Wechselwirkungen für die Skala **Schlaf tiefe** ($F(1;22) = 9.757$; $p < .01$; Eta-Quadrat = .307) und die **subjektive Schlafbeeinträchtigung** ($F(1;22) = 5.237$; $p < .05$; Eta-Quadrat = .192) hervor, sowie zwei tendenzielle Wechselwirkungen für die Skalen **Schlafruhe** ($F(1;22) = 2.985$; $p < .10$; Eta-Quadrat = .119) und **Schlaferholung** ($F(1;22) = 3.414$; $p < .10$; Eta-Quadrat = .134). Während Introvertierte und Extravertierte ihre Schlaf tiefe, Schlafbeeinträchtigung, Schlafruhe und Schlaferholung nach Ruhenächten noch annähernd gleich einstufen, wurde der Schlaf nach Lärmnächten von Extravertierten auf diesen Skalen schlechter bewertet als von Introvertierten. Die Abbildung 13 zeigt beispielhaft die Wechselwirkung für die subjektive Schlafbeeinträchtigung.

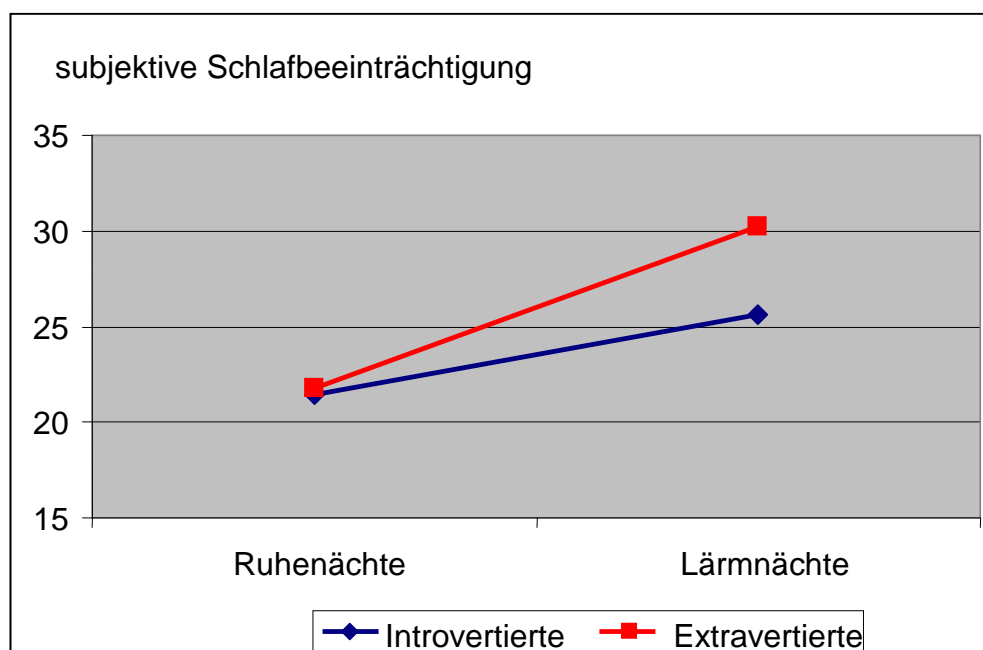


Abbildung 13: Vergleich der subjektiven Schlafbeeinträchtigung von Introvertierten und Extravertierten nach Ruhenächten und nach Lärmnächten.

Tabelle 16: Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (SD) der subjektiven Bewertung des Schlafes und des Befindens getrennt für Extravertierte und Introvertierte. p-Werte für Haupteffekte Extraversion (HE) und für die Wechselwirkungen zwischen Extraversion und Lärm (WW)

	Introvertierte (n = 11)		Extravertierte (n = 13)		HE	WW
	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD	p-Wert df (1;22)	
Schlafqualität						
Einschlafen	2.73 ± 1.09	3.66 ± 1.01	2.85 ± 1.19	4.30 ± 1.33	.382	.221
Schlafruhe	3.00 ± 1.02	3.93 ± 1.40	3.18 ± 1.23	4.96 ± 0.97	.153	.098
Schlaftiefe	3.24 ± 1.11	3.80 ± 1.05	3.21 ± 0.87	4.97 ± 0.99	.128	.005
Schlafdauer	5.33 ± 1.22	5.58 ± 1.01	4.77 ± 1.22	5.42 ± 0.79	.388	.234
Schlaferholung	3.70 ± 1.12	4.56 ± 1.23	3.90 ± 0.71	5.50 ± 0.73	.100	.078
Bewegung	3.48 ± 1.07	4.11 ± 1.05	3.90 ± 1.51	5.05 ± 1.34	.128	.147
Schlafbeeinträchtigung	21.48 ± 4.61	25.63 ± 5.67	21.79 ± 5.06	30.22 ± 4.31	.183	.032
Befinden						
Stimmung	3.18 ± 1.51	3.38 ± 1.34	2.49 ± 0.89	3.46 ± 0.82	.472	.081
Wachheit	4.52 ± 2.46	4.86 ± 2.02	4.03 ± 0.88	5.20 ± 1.03	.909	.055
Ruhe	2.54 ± 0.83	3.16 ± 1.18	2.46 ± 1.17	3.16 ± 0.86	.918	.759

2.2.3 Ergebnisse zu Hypothese 6

Die sechste Hypothese besagt, dass Introvertierte ihr Befinden nach Ruhenächten als besser beurteilen, während Extravertierte dies nach Lärmnächten tun.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Befindlichkeitsskalen sind der Tabelle 16 zu entnehmen. Keiner der drei getesteten Haupteffekte für den Faktor Extraversion ist signifikant. Zwei Wechselwirkungen der Skalen Stimmung und Wachheit zeigen einen signifikanten Trend (Stimmung: $F(1;22) = 3.355$; $p < .10$; Eta-Quadrat = .132 und Wachheit: $F(1;22) = 4.089$; $p < .10$; Eta-Quadrat = .157).

Wie in Abbildung 14 zu sehen, geben Introvertierte im Vergleich zu Extravertierten nach Ruhenächten an, müder zu sein. Nach Lärmnächten schätzen Extravertierte ihre Müdigkeit höher ein. Das Gleiche gilt für die Skala Stimmung.

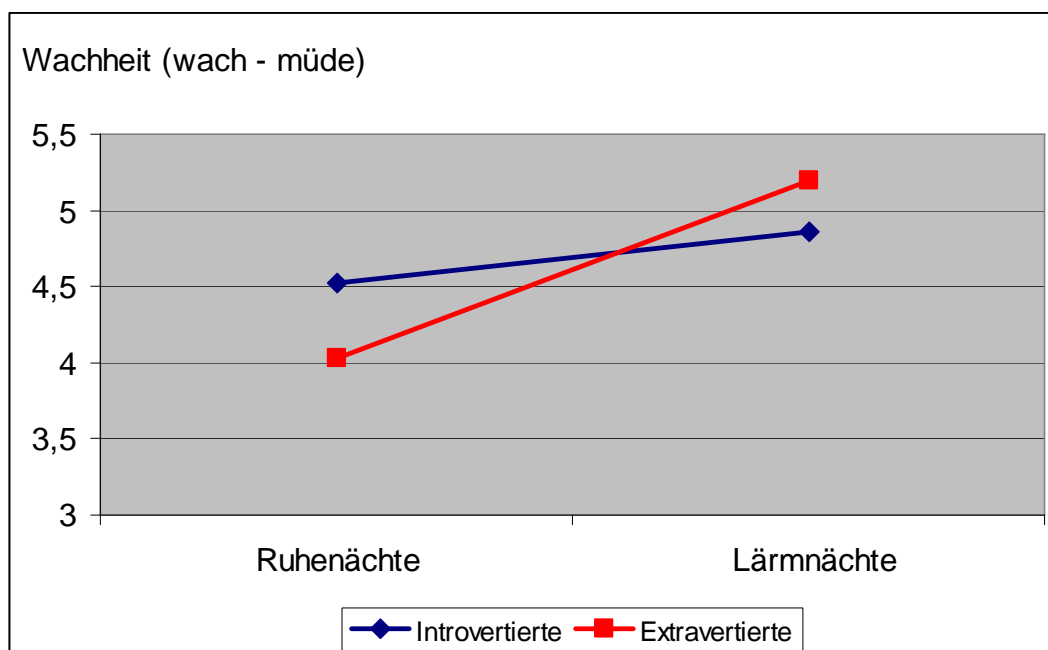


Abbildung 14: Vergleich der Wachheit von Introvertierten und Extravertierten nach Ruhenächten und nach Lärmnächten

2.2.4 Ergebnisse zu Hypothese 7

Die siebte Hypothese beschreibt den Zusammenhang von **Extraversion und Leistung**. Es wird angenommen, dass Extravertierte nach Ruhenächten eine schlechtere, nach Lärmnächten aber eine bessere Leistung als Introvertierte zeigen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 17 dargestellt und exemplarisch in Abbildung 15 veranschaulicht. Die einfache sowie die komplexe Go/Nogo-Aufgabe bringen weder signifikante Haupteffekte noch Wechselwirkungen hervor.

Bei der Switchaufgabe zeigen sich für die Reaktionszeiten in der switch- und in der non-switch-Bedingung tendenzielle Haupteffekte (switch: $F(1;22) = 3.898$; $p < .10$; Eta-Quadrat = .151 und non-switch: $F(1;22) = 3.577$; $p < .10$; Eta-Quadrat = .140). Extravertierte reagieren sowohl nach Ruhe- als auch nach Lärmnächten tendenziell langsamer als Introvertierte. Für die Fehler und Wechselkosten konnten keine Haupt- oder Wechselwirkungen festgestellt werden.

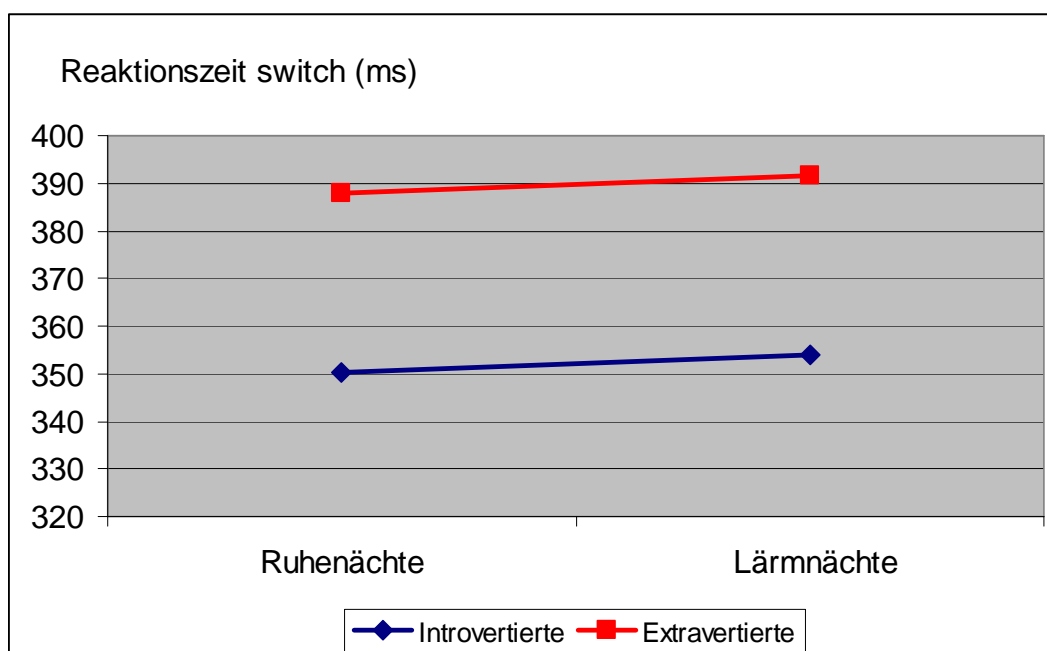


Abbildung 15: Vergleich der Reaktionszeit (switch) von Introvertierten und Extravertierten nach Ruhenächten und nach Lärmnächten

Tabelle 17: Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (SD) der subjektiven Bewertung des Schlafes und des Befindens getrennt für Extravertierte und Introvertierte. p-Werte für Haupteffekte Extraversion (HE) und für die Wechselwirkungen zwischen Extraversion und Lärm (WW)

Leistung	Introvertierte (n = 11)		Extravertierte (n = 13)		HE	WW
	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD		
Einfache Go/Nogo-Aufgabe						
RT (ms)	304.64 ± 25.56	305.77 ± 24.59	303.26 ± 20.66	310.07 ± 22.12	.877	.147
Fehler	2.15 ± 1.57	1.86 ± 1.20	3.64 ± 5.27	2.52 ± 2.10	.338	.527
Komplexe Go/Nogo-Aufgabe						
RT (ms)	368.24 ± 30,96	366.27 ± 28.52	378.14 ± 27.27	376.47 ± 25.77	.384	.749
Fehler	11.36 ± 8.87	11.78 ± 9.72	10.74 ± 10.02	10.69 ± 10.21	.830	.749
Switchaufgabe						
RT switch (ms)	350.12 ± 43.15	354.04 ± 42.32	387.91 ± 48.41	391.64 ± 51.72	.061	.967
RT non-switch (ms)	346.48 ± 42.38	350.78 ± 40.06	381.60 ± 46.96	385.30 ± 49.38	.072	.943
Fehler switch	19.09 ± 12.70	18.84 ± 11.64	18.05 ± 13.67	18.08 ± 14.26	.868	.857
Fehler non-switch	16.42 ± 10.41	16.71 ± 10.90	15.13 ± 11.23	14.12 ± 12.64	.677	.417
Wechselkosten RT	3.64 ± 4.86	3.26 ± 6.96	6.55 ± 9.04	6.35 ± 7.82	.278	.952
Wechselkosten Fehler	2.67 ± 4.06	2.13 ± 3.03	2.92 ± 3.72	3.96 ± 2.22	.391	.241

2.3 Ergebnisse zu den Neurotizismushypothesen

Die Skala „Emotionalität“, mit der das Persönlichkeitsmerkmal **Neurotizismus** gemessen wird, variiert von 0 bis 14. In der Stichprobe werden Werte zwischen 0 und 8 erzielt (Abbildung 16). Der Mittelwert liegt bei 3.67 und die Standardabweichung bei 2.59.

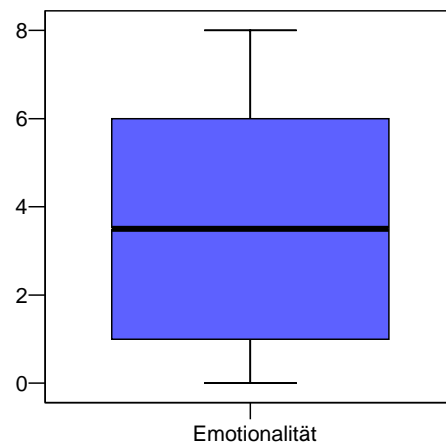


Abbildung 16: Boxplot für die Variable Neurotizismus

Die Mediandichotomisierung der Stichprobe erfolgt am Median 3.5. Probanden mit Werten von 0 bis 3 werden der Gruppe der „emotional Stabilen“ ($n = 12$) zugeordnet, während Probanden mit Werten zwischen 4 und 8 der Gruppe der „emotional Instabilen“ ($n = 12$) zugeteilt werden.

Zur Überprüfung der folgenden vier Hypothesen werden Varianzanalysen mit Messwiederholungen gerechnet, bei denen der dichotomisierte Neurotizismuswert als Zwischensubjektfaktor und die über neun Lärnächte bzw. über drei Ruhenächte gemittelten jeweiligen Variablen als Innersubjektfaktor mit zwei Merkmalsausprägungen in die Analyse mit eingehen.

2.3.1 Ergebnisse zu Hypothese 8

In der achten Hypothese wird vermutet, dass es sowohl unter Ruhe als auch unter nächtlichem Lärmeinfluss keine Unterschiede zwischen **emotional Stabilen und emotional Instabilen** bezüglich der **physiologischen Schlafparameter** gibt.

In der 2 x 2 ANOVA mit Messwiederholung zeigten sich zwei signifikante Wechselwirkungen bei den physiologischen Schlafparametern WASO und SEI (Tabelle 18). Während die Differenz zwischen den beiden Neurotizismusgruppen beim intermittierten Wachanteil (WASO) in den Ruhenächten nur 3 Minuten beträgt und die emotional Instabilen eine höhere Wachzeit aufweisen, nimmt die Differenz bei den Lärmnächten auf knapp 8 Minuten (Abbildung 17) zu. Unter Lärm zeigen dann die emotional Stablen eine höhere intermittierte Wachzeit ($F(1;22) = 4.870$; $p < .05$; Eta-Quadrat = .181). Ebenso verhält es sich mit der Schlafeffizienz (SEI) ($F(1;22) = 4.896$ mit $p < .05$; Eta-Quadrat = .182).

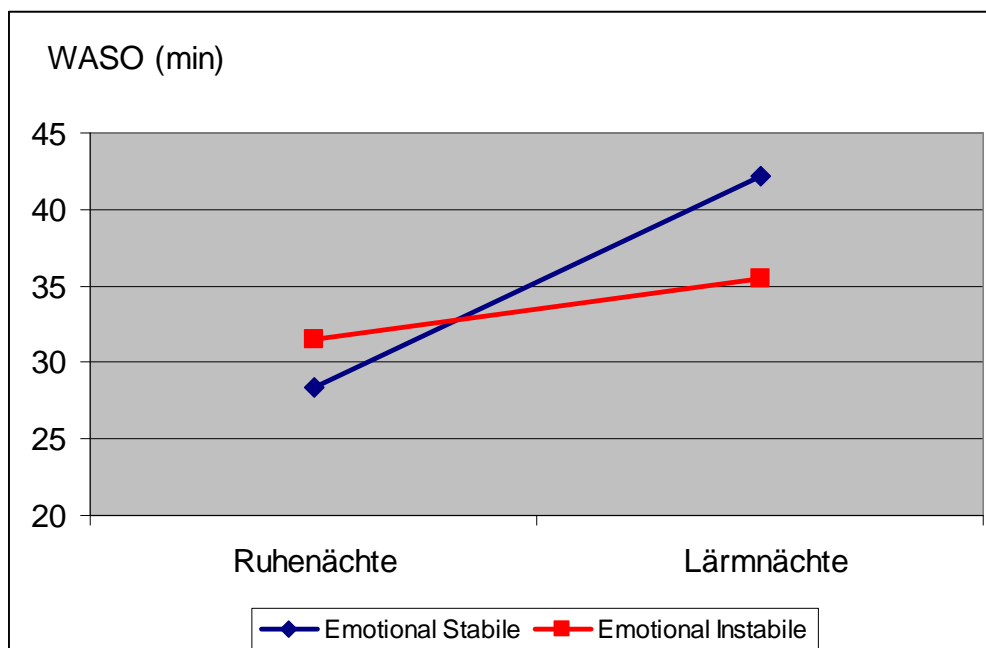


Abbildung 17: Vergleich der intermittierten Wachzeiten von emotional Stabilen und emotional Instabilen nach Ruhenächten und nach Lärmnächten

Tabelle 18: Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (SD) der physiologischen Schlafparameter getrennt für emotional Stabile und emotional Instabile. p-Werte für Haupteffekte Neurotizismus (HE) und für die Wechselwirkungen zwischen Neurotizismus und Lärm (WW)

<i>Polysomnogramm</i>	Emotional Stabile (n = 12)		Emotional Instabile (n = 12)		HE	WW
	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD	p-Wert df (1;22)	
SPT (min)	450.7 ± 24.4	454.2 ± 11.7	459.9 ± 12.6	455.0 ± 9.2	.365	.218
WASO (min)	28.4 ± 15.6	42.2 ± 19.5	31.5 ± 11.3	35.5 ± 13.2	.755	.038
TST (min)	422.2 ± 30.0	411.9 ± 26.5	428.4 ± 15.3	419.6 ± 17.1	.445	.825
SEI	0.94 ± 0.03	0.91 ± 0.05	0.93 ± 0.03	0.92 ± 0.03	.718	.037
SOL (min)	25.0 ± 14.4	24.5 ± 12.2	18.6 ± 10.3	22.6 ± 9.2	.364	.150
LSWS (min)	16.1 ± 4.7	23.9 ± 20.8	19.4 ± 12.7	21.0 ± 8.5	.966	.273
FWS (min)	243.4 ± 31.6	245.7 ± 19.3	246.9 ± 22.6	248.7 ± 19.4	.722	.942
SWS (min)	72.5 ± 29.0	67.4 ± 29.4	74.0 ± 22.9	68.6 ± 24.4	.899	.926
REM (min)	106.4 ± 16.0	98.9 ± 16.1	107.5 ± 12.8	102.5 ± 15.7	.685	.615

2.3.2 Ergebnisse zu Hypothese 9

In Hypothese 9 wird angenommen, dass es nach Ruhenächten keine Unterschiede in der **Schlafbeurteilung** zwischen **emotional Stabilen und Instabilen** gibt, die Instabilen aber nach Lärmnächten ihren Schlaf schlechter beurteilen als Stabile.

Bis auf einen tendenziellen Haupteffekt bei der abhängigen Variable **Schlaferholung** werden keine signifikanten Effekte und Wechselwirkungen beobachtet (Tabelle 19). Wie in Abbildung 18 zu sehen, schätzen emotional Instabile ihre Schlaferholung über beide Bedingungen (Ruhe und Lärm) hinweg schlechter ein als emotional Stabile ($F(1;22) = 3.132$ mit $p < .10$; Eta-Quadrat = .125).

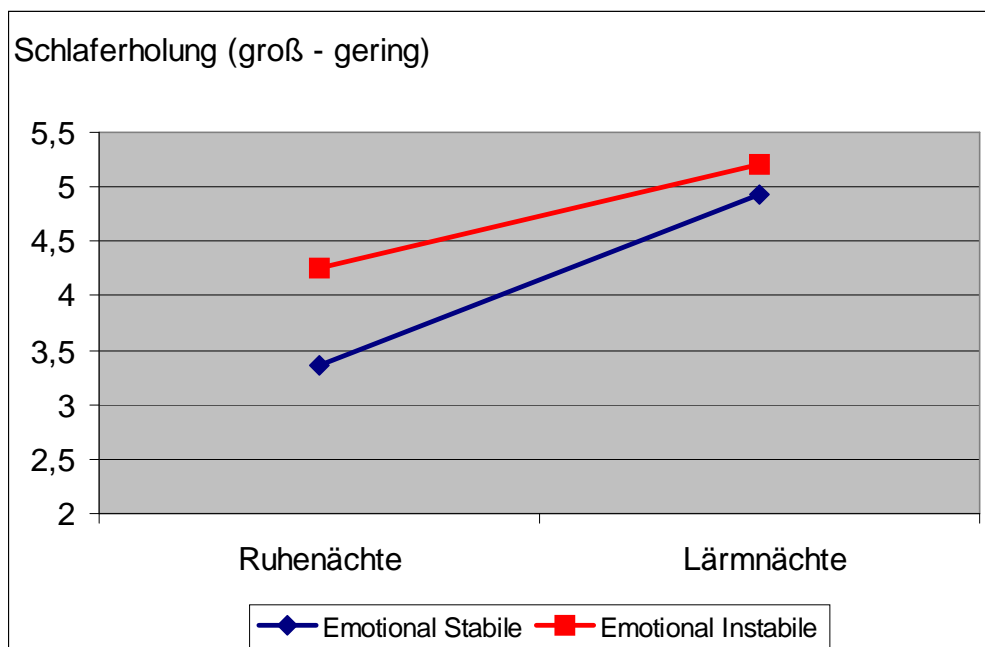


Abbildung 18: Vergleich der subjektiven Schlaferholung von emotional Stabilen und emotional Instabilen nach Ruhenächten und nach Lärmnächten

Tabelle 19: Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (SD) der subjektiven Schlafqualität und des Befindens getrennt für emotional Stabile und emotional Instabile. p-Werte für Haupteffekte Neurotizismus (HE) und für die Wechselwirkungen zwischen Neurotizismus und Lärm (WW)

	Emotional Stabile (n = 12)		Emotional Instabile (n = 12)		HE	WW
	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD	p-Wert df (1;22)	
Schlafqualität						
Einschlafen	2.72 ± 1.11	3.94 ± 1.19	2.86 ± 1.18	4.08 ± 1.29	.749	.983
Schlafruhe	3.03 ± 0.98	4.39 ± 1.03	3.17 ± 1.28	4.58 ± 1.51	.699	.916
Schlaftiefe	3.17 ± 0.92	4.62 ± 1.27	3.28 ± 1.04	4.25 ± 1.06	.735	.300
Schlafdauer	4.78 ± 1.46	5.49 ± 0.90	5.28 ± 0.94	5.50 ± 0.90	.537	.156
Schlaferholung	3.36 ± 0.64	4.93 ± 0.77	4.25 ± 0.93	5.21 ± 1.34	.091	.160
Bewegung	3.44 ± 1.04	4.43 ± 0.76	3.97 ± 1.54	4.81 ± 1.67	.370	.708
Schlafbeeinträchtigung	20.50 ± 4.51	27.79 ± 4.17	22.81 ± 4.91	28.44 ± 6.59	.426	.429
Befinden						
Stimmung	2.69 ± 1.00	3.41 ± 0.77	2.92 ± 1.47	3.44 ± 1.34	.763	.684
Wachheit	3.83 ± 1.66	4.76 ± 1.23	4.67 ± 1.83	5.32 ± 1.80	.282	.548
Ruhe	2.36 ± 1.09	3.03 ± 1.04	2.64 ± 0.96	3.30 ± 0.98	.494	.973

2.3.3 Ergebnisse zu Hypothese 10

Die zehnte Hypothese besagt, dass *emotional Stabile und Instabile* ihr *Befinden* nach Ruhenächten gleich bewerten, während emotional Instabile ihr Befinden nach Lärmnächten schlechter beurteilen als Stabile.

In der 2x2-Varianzanalyse mit Messwiederholung weisen weder Haupteffekte noch Wechselwirkungen ein signifikantes Niveau auf. Emotional Stabile unterscheiden sich in ihrem Befinden weder nach Ruhenächten noch nach Lärmnächten von emotional Instabilen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 19 zu finden. Auf eine Abbildung wird an dieser Stelle aufgrund der fehlenden signifikanten Effekte verzichtet.

2.3.4 Ergebnisse zu Hypothese 11

Laut Hypothese 11 sollen *emotional Instabile* nach Ruhenächten eine vergleichbare *Leistung* zeigen wie emotional Stabile, nach Lärmnächten aber eine größere Leistungsbeeinträchtigung vorweisen als stabile Personen.

Die Ergebnisse sind der Tabelle 20 zu entnehmen. Der tendenzielle Haupteffekt bei den Fehlern der einfachen Go/Nogo-Aufgabe legt dar, dass emotional Stabile generell mehr Fehler machen als emotional Instabile ($F(1;22) = 3.702$; $p < .10$; Eta-Quadrat = .144). Die einzige signifikante Wechselwirkung (Fehler non-switch mit $F(1;22) = 9.810$; $p < .01$; Eta-Quadrat = .308) zeigt, dass die Fehler nach Ruhenächten bei emotional Stablen und Instablen noch annähernd gleich sind, die Fehlerrate nach Lärmnächten bei den emotional Stablen ansteigt, während sie bei emotional Instablen sinkt (Abbildung 19).

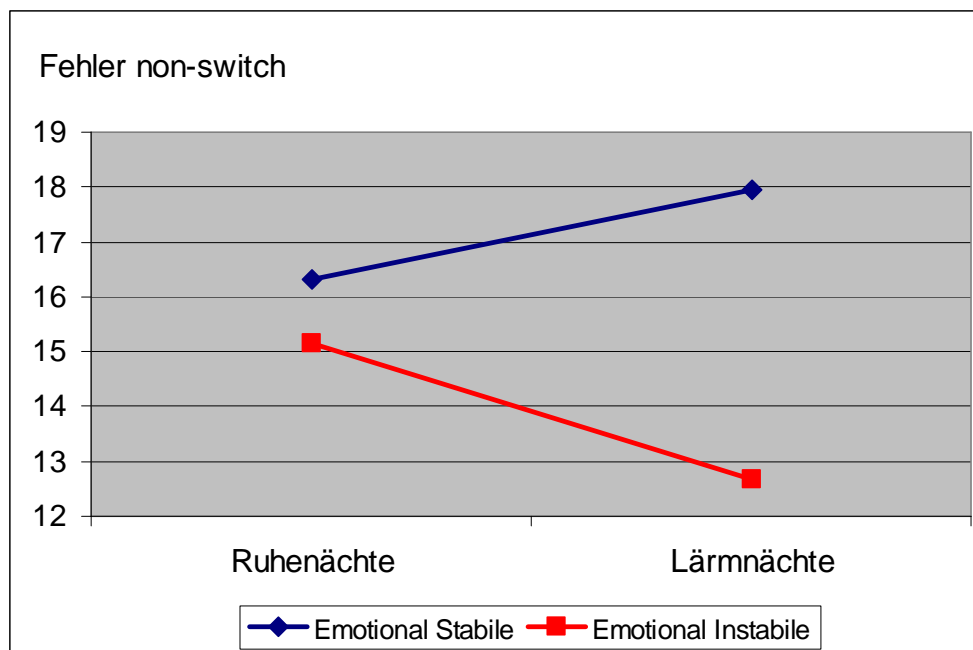


Abbildung 19: Vergleich der Fehler in der non-switch-Bedingung von emotional Stablen und emotional Instablen nach Ruhenächten und nach Lärmnächten

Tabelle 20: Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen (SD) der Leistungsparameter getrennt für emotional Stabile und emotional Instabile. p-Werte für Haupteffekte Neurotizismus (HE) und für die Wechselwirkungen zwischen Neurotizismus und Lärm (WW)

Leistung	Emotional Stabile (n = 12)		Emotional Instabile (n = 12)		HE	WW
	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD	Ruhenächte AM ± SD	Lärmnächte AM ± SD	p-Wert df (1;22)	
Einfache Go/Nogo-Aufgabe						
RT (ms)	302.65 ± 22.96	305.60 ± 21.54	305.13 ± 23.03	310.62 ± 24.82	.689	.424
Fehler	4.47 ± 5.28	2.69 ± 2.15	1.44 ± 0.87	1.74 ± 1.12	.067	.102
Komplexe Go/Nogo-Aufgabe						
RT (ms)	375.58 ± 32.87	371.11 ± 30.07	371.63 ± 24.44	372.49 ± 24.80	.912	.165
Fehler	11.33 ± 10.09	12.30 ± 11.48	10.72 ± 8.90	10.08 ± 3.11	.721	.263
Switchaufgabe						
RT switch (ms)	372.56 ± 47.75	376.48 ± 50.68	368.63 ± 52.29	372.30 ± 50.28	.847	.962
RT non-switch (ms)	368.22 ± 46.64	371.22 ± 50.80	362.58 ± 50.05	367.74 ± 46.67	.818	.645
Fehler switch	20.47 ± 13.63	21.56 ± 15.43	16.58 ± 12.54	15.29 ± 9.28	.341	.110
Fehler non-switch	16.31 ± 11.38	17.94 ± 13.62	15.14 ± 10.34	12.67 ± 9.23	.486	.005
Wechselkosten RT	4.33 ± 5.63	5.26 ± 7.57	6.10 ± 9.05	4.60 ± 7.65	.843	.393
Wechselkosten Fehler	4.17 ± 3.69	3.62 ± 2.86	1.44 ± 3.54	2.62 ± 2.61	.117	.195

DISKUSSION

Der Diskussionsteil ist in vier Kapitel gegliedert. Das erste Kapitel erörtert die Frage nach der Interrater-Reliabilität sowie die Frage nach der Gesamtskala „subjektive Schlafbeeinträchtigung“. Im zweiten Kapitel werden die Ergebnisse zu den Lärmwirkungshypothesen diskutiert. Im dritten und vierten Kapitel werden die Ergebnisse zu den Extraversions- und Neurotizismushypothesen besprochen.

1 *Diskussion zum Methodenteil*

Die Anzahl der Probanden und der Nächte ist, verglichen mit den anderen Studien, welche ebenfalls die aufwendige Aufzeichnung und Auswertung von Polysomnogrammen vorgenommen und diese mit Persönlichkeitsmerkmalen in Verbindung gebracht haben, relativ groß [Spiegel & Nüesch 1976, Webb & Friel 1971].

1.1 Interrater-Reliabilität

Eine auf die Schlafstadien bezogene Gesamtübereinstimmung von 89.7% weist auf eine gute Interrater-Reliabilität der beiden Auswerter hin [Danker-Hopfe et al. 2004, Penzel et al. 2003]. Die beste Interrater-Reliabilität konnte für das Stadium REM mit 95% ermittelt werden, gefolgt vom Stadium 2 mit 93,8%. Die geringere Übereinstimmung bei Stadium 1 lässt sich darauf zurückführen, dass diesem Übergangsstadium von Wach nach Schlaf nur sehr wenige Epochen zugeteilt werden. Auch in den beiden zitierten Studien wurden die besten Übereinstimmungen für REM und die schlechtesten bei Stadium 1 gefunden.

Der jüngste Vergleich auf europäischer Ebene fand in acht Schlaflaboren mit 196 Polysomnogramm-Aufzeichnungen bei 98 schlafgesunden als auch schlafgestörten Personen statt. Die generelle auf Schlafstadien bezogene Übereinstimmung lag mit 76,8% deutlich niedriger als bei uns [Danker-Hopfe et al. 2004], was auf größere Abweichungen bei Patienten mit Schlafstörungen zurückzuführen ist.

1.2 Subjektive Schlafbeeinträchtigung

Mit Hilfe der Faktorenanalyse wird deutlich, dass alle sechs gemessenen Skalen einen gemeinsamen Faktor abbilden, der hier „subjektive Schlafbeeinträchtigung“ genannt wird. Dadurch ist es möglich, mit einem einzelnen Wert das Maß der subjektiven Schlafbeeinträchtigung anzugeben. Der Anteil an erklärter Varianz ist mit 54,1% bei einem Eigenwert von 3.247 relativ groß, so dass auf weitere Faktoren auf Grund der geringen Eigenwerte sowie des geringen Informationszuwachses durch zusätzliche Faktoren verzichtet werden kann.

Die Reliabilität, die anhand von Cronbachs Alpha ermittelt wurde und die je nach Datenauswahl zwischen $r = .80$ und $.87$ lag, kann als durchaus zufriedenstellend bewertet werden.

2 Lärmwirkungshypothesen

Dieser Abschnitt diskutiert die Ergebnisse zu den Hypothesen, die sich sowohl mit den primären und sekundären Lärmwirkungen befassen, als auch die Pegelabhängigkeiten und Zusammenhänge bezüglich der Primär- und Sekundärreaktionen thematisieren.

2.1 Primärreaktionen

Das Schlafverhalten war in den Nächten mit Verkehrslärm im Vergleich zu den Ruhenächten signifikant, aber nur moderat verändert. Die Probanden schliefen unter dem Einfluss von Lärm durchschnittlich 10 Minuten weniger als in den Ruhenächten. Diese Reduktion wird vor allem durch eine vermehrte Wachzeit während der Schlafperiode geprägt, da sich die Einschlafdauer zwischen Ruhe- und Lärmnächten nicht signifikant verlängert.

Sowohl der Tiefschlaf als auch der REM-Schlaf waren nach Lärmexposition jeweils um ca. 6 Minuten verkürzt. Dies steht im Gegensatz zu bisherigen Laborstudien [Arnberg, Bennerhult & Eberhardt 1990, Basner & Samel 2004, Griefahn 1986, Kuroiwa et al. 2002], die den Einfluss von Verkehrslärm auf den Schlaf untersuchten und wo entweder der REM-Schlaf oder der Tiefschlaf reduziert waren. So fanden Basner und Samel [2004] beispielsweise, dass unter nächtlichem Fluglärm der Tiefschlaf im Vergleich zur nächtlichen Ruhebedingung um 9.1 min signifikant verkürzt war, der REM-Schlaf war aber nur geringfügig und nicht signifikant um nur 1.9 min reduziert.

Die Reduktion des Tief- als auch des REM-Schlafs kann eine Ursache im Verlauf der akustischen Belastung in der Nacht haben. Diese war sowohl zu Beginn der Nacht, wenn der Tiefschlaf dominiert als auch am Ende der Nacht, wenn der REM-Schlaf überwiegt, deutlich höher als in der Mitte der Nacht. Während andere Untersuchungen eine Gleichverteilung der Geräusche in der Nacht bevorzugten, wurde in dieser Untersuchung ein möglichst natürlicher Belastungsverlauf angestrebt.

2.2 Sekundärreaktionen

Die **subjektive Schlafbeeinträchtigung** hatte nach Nächten unter Verkehrslärm verglichen mit ruhigen Nächten deutlich zugenommen. Dies zeigte sich auf allen sechs Schlafskalen, wobei die Bewertung der Schlafdauer noch die geringsten Veränderungen zeigte. Nahezu alle Studien, die im Labor oder im Feld die subjektive Schlafbewertung nach nächtlicher Verkehrslärmexposition erhoben, kamen zu vergleichbaren Befunden [z.B. Bluhm, Nordling & Berglind 2004, Jankovljevic et al. 2006, Kuroiwa et al. 2002, Öhrström 1995, Öhrström & Björkmann 1988].

Obwohl die Bewertung des Schlafes nur indirekt über die Erinnerung an die bewusst erlebten Wachzeiten (Dauer des Einschlafens, Anzahl und Dauer der intermittierten Wachphasen sowie vorzeitiges Aufwachen) möglich ist, hat diese subjektive Bewertung für den Betroffenen eine große Bedeutung und steht mit dem aktuellen **Befinden** in wechselseitiger Beziehung. Wie in den Ergebnissen zu sehen, ist auch das Befinden der Probanden durch den nächtlichen Verkehrslärm deutlich beeinträchtigt.

Im Sinne eines ganzheitlichen Gesundheitsschutzes sind auch diese subjektiven Reaktionen auf Lärm als gesundheitlich relevant einzuordnen. Denn laut WHO Definition [1968] ist Gesundheit nicht nur das Fehlen von Krankheit, sondern ein Zustand vollkommenen physischen, psychischen und sozialen Wohlbefindens.

Bei den **Leistungstests** zeigte sich eine Verlängerung der Reaktionszeiten nach Lärmnächten bei zwei der drei Aufgaben (einfache Go/Nogo- und Switchaufgabe), was nicht zu einer gleichzeitig verminderten Fehlerrate geführt hat, wie es beim „speed accuracy trade-off“ [Hockey 1997] üblich gewesen wäre. Die exekutive Funktion des Aufgabenwechsels, welche sich in den Wechselkosten der Switchaufgabe widerspiegelt, war jedoch nach Lärmnächten entgegen den Erwartungen nicht beeinträchtigt.

Bei der komplexen Go/Nogo-Aufgabe konnten zwar nach Lärmnächten keine signifikanten Leistungseinbußen nachgewiesen werden, dennoch wurden bei den morgens aufgezeichneten ereigniskorrelierten Potenzialen (EKPs) Veränderungen sichtbar. Nach Lärmnächten waren bei den EKP Komponenten N2 und P3 über die

Nogo-Bedingung gemittelte reduzierte Amplituden erkennbar, die auf Beeinträchtigungen der Handlungsinhibition schließen lassen [Schapkin, Falkenstein, Marks & Griefahn 2006].

Bisher wurden Leistungseinbußen nach nächtlichen Lärmeinwirkungen nur von wenigen Autoren beschrieben [Kuroiwa et al. 2002, LeVere et al. 1974, Öhrström 1995], was mit den von den Autoren ausgewählten Leistungstests zusammenhängen könnte. In den meisten Studien wurden nur einfache Vigilanz- oder Wahlreaktionsaufgaben verwendet, die vermutlich nicht sensitiv genug waren, um moderate Schlafstörungen zu reflektieren [Basner et al. 2004, Griefahn et al. 2000, Passchier-Vermeer et al. 2002]. Der Einsatz von exekutiven Aufgaben erwies sich als sinnvoll. Zwar konnten keine Beeinträchtigungen der speziellen exekutiven Funktionen (Aufgabenwechsel und Handlungsinhibition) gefunden werden, dennoch scheinen diese Aufgaben vulnerabler auf Lärm zu reagieren als einfache Reaktionsaufgaben.

Es konnte gezeigt werden, dass Beeinträchtigungen der Reaktionszeit insbesondere mit vermehrten Wachphasen während der Schlafzeit, einer verkürzten Schlafzeit sowie mit einem verspätetem Erreichen des Tiefschlafes assoziiert sind. Auch die subjektive Schlafbeeinträchtigung, die sich vor allem an den bewusst erlebten Wachzeiten orientiert, beeinflusste die nach Lärmnächten beeinträchtigte Leistung.

Zusätzlich zu den bereits genannten Schlafparametern konnte für die Go/Nogo-Aufgabe auch der Tiefschlaf als bedeutsamer Einflussfaktor auf die Leistungsbeeinträchtigung nachgewiesen werden. Diese Befunde stehen im Einklang mit den Ergebnissen von Born und Plihal [2000], die herausfanden, dass die bis dato gängige Auffassung einer Gedächtniskonsolidierung während des REM-Schlafes zugunsten einer differenzierteren Sichtweise auf Schlaf-assoziierte Konsolidierungsprozesse revidiert werden musste. Der Vergleich der Gedächtnisleistung nach Phasen von Tief- und REM-Schlaf zeigte, dass die Konsolidierung von deklarativen Inhalten sehr viel stärker durch die von Tiefschlaf geprägte erste Schlafhälfte als durch die von REM-Schlaf geprägte zweite Schlafhälfte profitiert.

Somit liegt die Annahme nahe, dass die gefundenen Effekte der Leistungsbeeinträchtigung nicht unabhängig von den Schlafeffekten sind. Eine alleinige Kausalattribution auf den durch Lärm beeinträchtigten Schlaf ist bei der Leistung allerdings nicht möglich, da die Leistung zusätzlich durch individuelle (z.B. Motivation, Ziele) und situative Faktoren (z.B. Umgebung, Zeitdruck) moderiert wird.

2.3 Pegelabhängigkeiten

Bezüglich der **elektrophysiologischen Schlafparameter** konnten Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen dem äquivalentem Dauerschallpegel und dem Tiefschlaf sowie tendenziell für den REM-Schlaf nachgewiesen werden. Für die anderen Schlafparameter wurden zwar auch Veränderungen zwischen der Ruhebedingung und der geringsten Lärmbelastung ($L_{eq} = 39 \text{ dB(A)}$) gefunden, allerdings zeigten sich bei der nächst höheren Lärmbelastung von 44 dB(A) vergleichbare Beeinträchtigungen wie unter der geringen Lärmbelastung. Erst bei höchster Pegelstufe kam es zu stärkeren Lärmreaktionen.

In vorherigen Studien wurden Dosis-Wirkungsbeziehungen mit dem äquivalenten Dauerschallpegel bisher nicht beobachtet [Basner et al. 2004, Passchier-Vermeer et al. 2002]. Die hier gefundenen Beziehungen sind wahrscheinlich damit zu erklären, dass die Maximalpegel proportional zum Dauerschallpegel geändert wurden.

Nächtliche Reaktionen im Hinblick auf den Maximalpegel der einzelnen Geräusche wurden in Studien gefunden, die ereigniskorrelierte Aufwachreaktionen oder Körperbewegungen untersuchten [Basner et al. 2004, Passchier-Vermeer et al. 2002]. Mit steigendem Maximalpegel der Geräusche stiegen die nächtlichen Aufwachreaktionen und die Anzahl und Dauer der Körperbewegungen an.

Im Hinblick auf die **subjektiven Sekundärreaktionen** kann der äquivalente Dauerschallpegel hingegen als geeignetes Maß angesehen werden, um die Beeinträchtigungen vorherzusagen. Sowohl auf allen Skalen zur Schlafbewertung als auch auf denen zur Beurteilung des Befindens konnten pegelabhängige Veränderungen im Antwortverhalten festgestellt werden. Mit steigenden Belastungen aufgrund der erhöhten Lärmpegel in der Nacht sind die subjektiven Beanspruchungsreaktionen sukzessive gestiegen.

Da subjektive Reaktionen einer schnelleren Gewöhnung unterliegen als physiologische Reaktionen [z.B. Griefahn et al. 2000, Griefahn & Spreng 2004, Kuroiwa et al. 2002], wurden solche pegelabhängigen Beobachtungen vor allem in Laborexperimenten und bei Interventionsstudien im Feld beobachtet, wo sich akustische Situationen z.B. durch die Installation von Tunneln oder das Eröffnen

neuer Straßen abrupt geändert haben. In Feldstudien, bei denen die untersuchten Personen über einen längeren Zeitraum gleich bleibendem Verkehrslärm ausgesetzt waren, wurden keine Unterschiede in der Schlafbewertung zwischen den verschiedenen Lärmbelastungen gefunden [Griefahn et al. 2000, Passchier-Vermeer et al. 2002].

Erstmalig wurde eine pegelabhängige Beeinträchtigung der **Leistung** am nachfolgenden Morgen gefunden. Die Reaktionen im Switchtest wurden mit zunehmender Lärmbelastung langsamer. Bisher konnten Dosis-Wirkungsbeziehungen hinsichtlich der Leistung nach lärmexponierten Nächten weder mit dem äquivalenten Dauerschallpegel noch mit dem Maximalpegel beobachtet werden.

Mit der Switchaufgabe wurde somit eine exekutive Funktion gefunden, die selbst bei geringen Pegelveränderungen in der Nacht mit schrittweisen Beeinträchtigungen der Reaktionszeit einhergeht. Bisher gab es nur Belege dafür, dass diese Funktion durch vorherige partielle Schlafdeprivation gestört ist. Im vorliegenden Fall handelt es sich allerdings nur um eine moderate Schlafstörung, die dennoch zu Veränderung der Reaktionszeit am nachfolgenden Tag führt. Die sukzessive Verschlechterung der Leistung stellt dabei die Kosten einer nächtlichen Lärmbelastung mit veränderter Schlafqualität und damit einhergehender erhöhter lärmbedingter Ermüdung dar.

3 Extraversion

Die Skala zur Messung der Extraversion wurde von den Probanden der Stichprobe fast vollständig abgedeckt. Allein der untere Bereich zwischen 0 und 3 war nicht vertreten, so dass extrem Introvertierte bei der Stichprobe fehlten. Der von den Probanden erreichte Skalenmittelwert von 9.88 (± 3.04) liegt etwas oberhalb der im FPI Handbuch angegebenen Normwerte bei einer Gesamtstichprobe von insgesamt $N = 2035$ [Fahrenberg et al. 1989]. Im Handbuch wird für Männer im Alter zwischen 16 und 24 Jahren ein Extraversions-Mittelwert von 8.71 und für gleichaltrige Frauen ein Mittelwert von 7.56 aufgeführt.

Wegen der auf andere Schwerpunkte fokussierten Vorauswahl fiel die Verteilung der Extraversionswerte bei vorliegender Stichprobe so aus, dass wenige Introvertierte an dem Experiment teilnahmen und daher keine Einteilung in Extremgruppen durchführbar war. Durch die Mediandichotomisierung der Stichprobe konnten deshalb nur geringere Effekte erwartet werden, als dies mit einem Extremgruppenvergleich möglich wäre [Koelega 1992].

3.1 Physiologische Schlafparameter

Das Persönlichkeitsmerkmal Extraversion hat in Ruhenächten keinen Effekt auf die physiologischen Schlafparameter. Dieses Ergebnis wurde erwartet und bestätigt die Befunde der früheren und kleineren Studien, die von Spiegel und Nüesch [1976] und von Webb und Friel [1971] durchgeführt wurden.

Lärmabhängige Unterschiede zwischen Extravertierten und Introvertierten bei aus dem Polysomnogramm abgeleiteten Schlafparametern wurden erstmalig untersucht. Auch unter Lärm konnten keine extraversionsabhängigen Unterschiede bei den physiologischen Schlafdaten gefunden werden. Dieses erwartete Ergebnis könnte auf der großen interindividuellen Varianz in den Schlafdaten zurückzuführen sein. Trotz homogener Stichprobe mit ausschließlich schlafgesunden Probanden weisen die Polysomnogrammdaten eine erhebliche Varianz auf. Betrachtet man z.B. die gemittelten Werte über alle neun Lärnächte so ergibt sich zwischen den 24 Personen schon bei der Gesamtschlafzeit eine Spannweite von 365.9 min bis zu 450.1 min, was sich wiederum auf die Verteilung der einzelnen Schlafstadien in

Minuten auswirkt. Da zeigen sich beispielsweise Unterschiede beim Tiefschlaf zwischen den Probanden von bis zu 104.9 min (Minimum = 8.8 min und Maximum = 113.7 min).

Im Sinne einer interaktionistischen Persönlichkeitstheorie ist anzunehmen, dass Wechselwirkungen zwischen Person und Situation einen größeren Einfluss auf die physiologischen Schlafdaten nehmen als die Persönlichkeitsmerkmale alleine [Asendorpf 1999, Heckhausen 1980]. So moderieren aktuelle situative Ereignisse und deren Wechselwirkungen mit der Person wie z.B. das jeweilige erlebte Tagesgeschehen oder anstehende Ereignisse am nachfolgenden Tag den Schlaf in einem größeren Ausmaß als die Persönlichkeit selbst. Bei der Erklärung von unterschiedlichen Reaktionen auf Lärm hinsichtlich physiologisch gemessenem Schlaf spielt die Extraversion alleine eine nur untergeordnete Funktion.

3.2 Subjektive Schlafparameter

Nach Ruhenächten zeigen sich in der subjektiven Beurteilung des Schlafes keine Unterschiede zwischen Extravertierten und Introvertierten. Die Mittelwerte der Introvertierten waren zwar, wie erwartet, größtenteils besser als die Werte der Extravertierten, jedoch erreichten sie kein bedeutsames Niveau.

Auf dem ersten Blick widersprechen die gefundenen Ergebnisse den in der Literatur beschriebenen Befunden von Gray und Watson [2002], die eine allgemein verbesserte Schlafqualität bei Extravertierten fanden. Bei detaillierter Analyse der Daten von Gray und Watson fällt allerdings auf, dass die Korrelationen zwischen den subjektiven Schlafdaten und der Extraversion zwischen $r = .06$ und $r = -.43$ variierten und nur die Hälfte signifikant war. Extraversion wurde mit dem NEO-PI-R [Costa, McCrae & Dye 1991] gemessen und in drei Bereiche (Extraversion, positives Temperament und positiver Affekt) aufgeteilt. Die Schlafdaten beruhen auf drei unterschiedlichen Quellen. Die Probanden füllten den Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) [Buysse et al. 1989] sowie einen selbst entwickelten Fragebogen aus. Darüber hinaus führten die Probanden sieben Tage lang ein Schlafstagebuch. Die Extraversionsskala des NEO-PI-R, die der Extraversionsskala vom FPI am nächsten steht, korrelierte jedoch nur signifikant negativ mit der subjektiven

Schlafbeeinträchtigung des selbst entwickelten Fragebogens. Bezüglich der anderen beiden subjektiven Daten (PSQI und Schlaftagebuch) wurden keine bedeutsamen Korrelationen gefunden.

Im zweiten Teil der Hypothese wird angenommen, dass sich Extravertierte durch Lärm in ihrem Schlaf nicht so stark beeinträchtigt fühlen wie Introvertierte. Diese Annahme kann für die subjektiven Schlafvariablen Schlafruhe, Schlaftiefe, Schlaferholung und Schlafbeeinträchtigung nicht bestätigt werden.

Dies könnte in der zu großen Zeitperiode zwischen dem lärmexponierten Schlaf und dem Ausfüllen der Fragebögen begründet sein. Diese Zeit war aber notwendig, da die Probanden für ihre Toilettengänge bei nur zwei vorhandenen WCs entsprechend Zeit benötigten. Andererseits mussten die Verstärker von der Polysomnogramm-Aufzeichnung für die Messung von ereigniskorrelierten Potenzialen umgebaut werden. Diese Zeit betrug zwischen 10 und 25 Minuten. Dies könnte zur Folge gehabt haben, dass die Stimulation durch die Lärmexposition nicht mehr in dem erwarteten Rahmen beurteilt wurde. Möglicherweise befanden sich die Introvertierten wieder auf einem für sie angenehmen Erregungsniveau, während sich die Extravertierten schon wieder auf einem für sie zu niedrigem Stimulationslevel befanden und somit die aktuelle Situation die Beurteilung der Schlafqualität mit beeinflusste.

Letztlich bleibt aber zu bedenken, dass auch eine zeitliche Straffung der morgendlichen Abläufe zu einer Verzerrung der Daten führen könnte. Eysencks Theorie folgend müssten sich Introvertierte durch den dann entstehenden erhöhten Zeitdruck beeinträchtigt fühlen als Extrovertierte. Vorstellbar wäre es, die Befragung in den Schlafkammern und direkt nach dem Aufwecken durchzuführen. Ob dies in der Praxis durchführbar ist, müsste erst in Vorversuchen gezeigt werden.

Es bleibt weiter offen, ob die Stimulation durch die nächtlichen Geräusche zum einen ausreichend war und zum anderen überhaupt geeignet, um extravertierte Personen auf einen für sie angenehmen Aktivierungslevel zu bringen.

Eine andere Ursache für die Unterschiede in der Schlafbewertung zwischen Extravertierten und Introvertierten könnte auch in der unterschiedlichen Selbstwirksamkeit begründet sein. Judge und Ilies [2002] fanden in ihrer Metaanalyse über die Beziehung zwischen den Big Five Eigenschaften und der Leistungsmotivation einen signifikanten Zusammenhang zwischen Extraversion und Selbstwirksamkeit.

Im Sinne der sozial-kognitiven Theorie von Bandura [1986] beeinflusst eine erhöhte Selbstwirksamkeit die Selbstregulation des Verhaltens einer Person. Extravertierte, die über eine höhere Selbstwirksamkeit als Introvertierte verfügen, sind aktiver in der Auswahl, Gestaltung und Veränderung von Situationen, die der Erreichung von Zielen dienlich sind. Das Streben nach Anerkennung könnte ein Ziel der Extravertierten sein, indem sie versuchen, den Erwartungen der Versuchsleiter gerecht zu werden [Barrick, Stewart & Piotrowski 2002]. Da bei der Probandenwerbung den Interessenten mitgeteilt wird, dass die Wirkungen von Verkehrslärm auf den Schlaf untersucht werden, denken die Extravertierten, dass die Versuchsleiter eine Reaktion auf den nächtlichen Lärm erwarten und intensivieren ihre Selbstaufmerksamkeit einschließlich aller negativen Affekte. Dies hat zur Folge, dass Extravertierte in der Beantwortung der Fragen zum Schlaf eher zur Übertreibung neigen. Das führt wiederum dazu, dass Extravertierte ihren Schlaf im Vergleich zu Introvertierten unter den gleichen Lärmbedingungen schlechter beurteilen.

Letztlich stimmen die gefundenen Ergebnisse mit denen von Öhrström und Björkman [1988] überein, die unter Laborbedingung zeigten, dass Extravertierte ihren Schlaf nach nächtlicher Verkehrslärmexposition schlechter beurteilten als Introvertierte unter den gleichen Bedingungen.

3.3 Befinden

Die Wechselwirkungen für die Skalen Wachheit und Stimmung zeigen, dass Extravertierte verglichen mit Introvertierten nach Ruhenächten eine geringere Müdigkeit und eine bessere Stimmung angeben, während sich dieser Unterschied nach Lärmnächten umkehrt.

Dieses für die Ruhenächte unerwartete Ergebnis steht im Widerspruch zu den Annahmen von Eysenck über das Aktivierungspotential von Situationen, andererseits bestätigen sie die in einigen Feldstudien unabhängig vom Aktivierungsniveau gefundenen positiven Zusammenhänge zwischen Extraversion und diversen Stimmungs- und Befindlichkeitsskalen [Stewart et al. 2005, Williams 1989]. Diese fanden bei Extravertierten eine generell bessere Stimmung und ein besseres Befinden im Vergleich zu Introvertierten.

Überraschenderweise verschlechtert sich nach Lärmnächten das Befinden der Introvertierten nur geringfügig, während sich Extravertierte durch den Verkehrslärm müder und unzufriedener einstufen als Introvertierte. Hier könnte erneut die schon bei der Schlafqualität beschriebene Argumentation herangezogen werden.

3.4 Leistung

Für die Reaktionszeiten bei der Switchaufgabe zeigte sich sowohl in der switch als auch in der non-switch-Bedingung, dass die Extravertierten pro Reiz knapp 40 ms langsamer reagieren als die Introvertierten. Dies gilt für die Leistung nach Ruhenächten ebenso wie für die Leistung nach Lärmnächten. Dieser Befund unterstützt die Ergebnisse mehrerer früherer Laborstudien zu unterschiedlichen Vigilanz- und Aufmerksamkeitsaufgaben [Blagrove & Akehust 2001, Koelega 1992, Taylor & McFatter 2003].

Damit konnte der erste Teil der Hypothese für die Ruhebedingung bestätigt werden. Allerdings bleibt auch hier zu bedenken, dass der schon weiter oben beschriebene Abstand zwischen Schlaf und Leistungstest zu groß sein könnte, um noch ausreichend Auswirkung auf das Aktivierungsniveau der Probanden zu haben. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes überraschen auch die gefundenen Ergebnisse bezüglich der Lärmnächte nicht. Die allgemeine Überlegenheit von Introvertierten gegenüber Extravertierten bezüglich im Labor unter Ruhe durchgeführter einfacher Aufgaben, konnte in einer Reihe von Studien gezeigt werden [z.B. Blagrove & Akehust 2001, Taylor & McFatter 2003]. Unterstützung finden diese Studien auch in den eher neurophysiologischen Ergebnissen durch die Messung von ereigniskorrelierten Potentialen. So konnten z.B. Fink und Neubauer

[2004] sowie Fink, Grabner, Neuper und Neubauer [2005] bei Introvertierten während der Bearbeitung von Gedächtnisaufgaben im niederfrequenten EEG-Bereich eine höhere Anzahl von ereigniskorrelierten Desynchronisationen beobachten. Die Autoren sehen die Ergebnisse als Nachweis für den unterschiedlichen Grad der kortikalen Erregung bei Introvertierten und Extravertierten unter Ruhe.

Eine zusätzliche Argumentation könnte auf den unterschiedlichen Aufmerksamkeitsprozessen der beiden Eigenschaftsgruppen beruhen. Introvertierte können besser auf eine Aufgabe fokussieren und lassen sich zudem nicht so leicht von dem Aufgabenstimulus ablenken wie Extravertierte. Diese Aufmerksamkeitsunterschiede werden z.B. von Blumenthal [2001] in einem Laborexperiment mit Hilfe der Blinzelrate demonstriert. War die Aufmerksamkeit auf eine visuelle Aufgabe gerichtet, reduzierte sich die Blinzelrate auf einen akustischen Reiz bei Introvertierten, nicht aber bei Extravertierten. Dies impliziert eine vermehrte und effizientere Aufmerksamkeitsfokussierung bei Introvertierten, die weniger auf ablenkende Stimuli reagieren. Auch Studien, die ereigniskorrelierte Potenziale untersuchen, stützen diese Annahmen. Introvertierte zeigen im EKP eine größere P3 Amplitude als Extravertierte, was als Indiz für eine unterschiedliche Aufmerksamkeitsverteilung gedeutet werden kann [z.B. Daruna, Karrer & Rosen 1985].

Ein weiterer Erklärungsansatz für die langsameren Reaktionszeiten der Extravertierten greift die unterschiedlichen Motive und Ziele zwischen Extravertierten und Introvertierten auf. Untersuchungen im Feld zeigen, dass sich Extravertierte in der Arbeitswelt gerne eigene Ziele setzen, bei denen sie dann auch ausdauernd und erfolgreich sind [z.B. Hurtz & Donovan 2000]. In der Regel sind dies abwechslungsreiche Aufgaben, die häufig kommunikative Fähigkeiten beinhalten. An den 13 Tagen des Versuches führt der Proband morgens und abends jeweils drei Aufgaben durch, die eher monoton sind und alleine gelöst werden sollen. Das Bedürfnis der Extravertierten nach „exciting seeking“, als eine Facette der Extraversion beschrieben [McCrae & Costa, 1997], wird bei diesen Aufgaben nicht befriedigt. So ist es wahrscheinlich, dass sich Extravertierte eher niedrige, unspezifische Ziele setzen, die nach der Zielsetzungstheorie von Locke und Latham [1990] auch zu schlechteren Leistungen führen.

Die Introvertierten hingegen finden in den Aufgaben die Möglichkeit, sich zurückzuziehen und die Aufmerksamkeit auf die vorgegebenen Ziele zu richten. Diese Ziele werden durch die Instruktion der Aufgaben external in Form einer möglichst schnellen Reaktion vorgegeben. Im Gegensatz zu den Extravertierten haben die Introvertierten nicht das Bedürfnis, sich am Morgen mitzuteilen und lenken ihre Konzentration ganz auf die Aufgabe. Dies führt bei den Introvertierten zu schnelleren Reaktionen bei gleich bleibender Fehleranzahl.

4 Neurotizismus

Anders als bei dem Persönlichkeitsmerkmal Extraversion war die Skala Neurotizismus nicht ausreichend abgedeckt. Die 24 Probanden belegen nur die Werte 0 bis 8, wodurch der gesamte obere Teil der Neurotizismusskala nicht ausgefüllt war. Somit nahmen an der Studie keine hoch emotional Instabilen, sondern nur mäßig Instabile und Stabile teil.

Auf diese Tendenz weist auch der Mittelwert der Stichprobe von 3.67 (± 2.59) hin, der weit unter dem im FPI-R Handbuch angegebenen Normwerte einer 2035 Personen umfassenden Stichprobe liegt [Fahrenberg et al. 1989]. Laut Handbuch liegt der Neurotizismuswert im Alter zwischen 16 und 24 Jahren bei Männern um 5.59 und bei Frauen um 6.90.

Hier kommt die Problematik der Vorauswahl zum Tragen. Personen mit hohen Neurotizismuswerten wurden zwar nicht per se von der Studie ausgeschlossen, sondern nur dann, wenn bei mindestens zwei der vier „Selektionsskalen“ (Neurotizismus, Ängstlichkeit, Grübeln und Fokussierung auf den Schlaf) der Grenzwert überschritten war. Da Neurotizismus aber mit den anderen Selektionsskalen im Allgemeinen hoch korreliert, durften viele emotional Instabile nicht an der Studie teilnehmen.

Aufgrund dieser rechtsschiefen Verteilung mit den nicht vorhandenen hoch emotional Instabilen müssen die Ergebnisse mit Vorsicht betrachtet werden.

4.1 Physiologische Schlafparameter

Es wurde erwartet, dass sich emotional Stabile und emotional Instabile weder in Ruhenächten noch in Lärnächten bezüglich ihres physiologischen Schlafverhaltens unterscheiden. Der erste Teil der Hypothese konnte bestätigt werden und spiegelt damit die früheren Befunde von Spiegel und Nüesch [1976] und von Webb und Friel [1971] wieder.

Die signifikanten Wechselwirkungen beim intermittierten Wach sowie beim Schlafeffizienzindex widerlegen aber den zweiten Teil der Hypothese. Bei diesen

beiden Schlafparametern haben emotional Stabile in Lärmnächten schlechtere Werte als emotional Instabile. Da bislang kein Einfluss von Verkehrslärm auf Polysomnogrammdaten unter der Berücksichtigung von Neurotizismus berichtet wurde, konnte nur eine Nullhypothese aufgestellt werden. Es wurde erwartet, dass aufgrund der hohen interindividuellen Varianz in den elektrophysiologischen Schlafdaten der Einfluss des Neurotizismus nur marginal ist.

Wenn sich jedoch neurotizismusbedingte Unterschiede im Schlafverhalten zeigen sollten, dann doch eher in der Form, dass emotional Instabile in Lärmnächten schlechter schlafen. Da die intermittierten Wachphasen und die Schlafeffizienz eng zusammenhängen, kann nur vermutet werden, dass diese gefundenen Wechselwirkungen zufällig und aufgrund der rechtsschiefen Verteilung oder Ausreißer zustande gekommen sind.

4.2 Subjektive Schlafparameter

Laut Hypothese sollten emotional Instabile und Stabile ihren Schlaf nach Ruhenächten gleich beurteilen. Mit Ausnahme der Skala Schlaferholung konnte diese Annahme bestätigt werden. In der Literatur zeigen sich zwar bedeutsame Zusammenhänge zwischen hohen Neurotizismuswerten und gestörtem Schlaf [Beullens 1999, Gau 2000, Jensen et al. 1998], da an dem Experiment jedoch keine hoch instabilen Personen teilnahmen, verwundert es nicht, dass sich dieser Trend nur für die Schlaferholung nachweisen lässt.

Der gefundene, tendenzielle Haupteffekt bei der Schlaferholung zeigt zudem, dass emotional Instabile auch nach Lärmnächten eine geringere Erholung angeben als stabile Personen. In Übereinstimmung mit den Belastungs-Beanspruchungskonzepten [z.B. Meijman & Mulder 1998] liegt eine Störung des Belastungs-Erholungs-Zyklus vor. Bedingt durch die nächtlichen Schallbelastungen in den Lärmnächten sowie den Belastungen durch die ungewohnte Schlafumgebung und den experimentellen Bedingungen (Verkabelungen, anstehende Leistungstests) bewerten die emotional Instabilen ihren Schlaf im Vergleich zu den emotional Stablen als weniger erholsam.

Diese Befunde werden auch in Feldstudien bei Anwohnern an lauten Straßen bestätigt [z.B. Belojevic et al. 1997, Jankovljevic et al. 2006]. Dass sich der erwartete Effekt nur für die Skala Schlaferholung zeigt, könnte erneut auf die Grenzen dieser unausgewogenen Stichprobe mit den nicht vorhandenen emotional Instabilen hinweisen. Der Befund einer geringeren subjektiven Schlaferholung bei emotional Instabilen steht außerdem im Widerspruch zu den Ergebnissen hinsichtlich der physiologischen Schlafparameter WASO und SEI, die sich inhaltlich nicht interpretieren lassen.

4.3 Befinden

Bezüglich des Befindens am Morgen wurden vergleichbare Ergebnisse erwartet wie bei der subjektiven Schlafbewertung. Die Literaturanalyse bisheriger Befunde bezüglich Befinden und Neurotizismus deutet darauf hin, dass emotional Instabile ihr Befinden sowohl nach Ruhe- als auch nach Lärmnächten schlechter beurteilen als emotional Stabile [Blagrove & Akehust 2001, Mastin et al. 2005, McFatter 1994, Smith & Maben 1993, Stewart et al. 2005, Williams 1990].

Die erzielten Mittelwerte deuten zwar in die erwartete Richtung, die statistischen Analysen wiesen aber weder signifikante Haupteffekte noch Wechselwirkungen auf. Auch bei diesen Ergebnissen kann wieder auf die ungünstige Stichprobenverteilung verwiesen werden.

4.4 Leistung

In der letzten Hypothese wurde angenommen, dass emotional Instabile nach Lärmnächten eine schlechtere Leistung zeigen als Stabile, während sich die beiden Neurotizismusgruppen nach Ruhenächten nicht bedeutsam unterscheiden.

Die vorliegenden Ergebnisse weisen jedoch in die entgegen gesetzte Richtung. Bei gleich bleibenden Reaktionszeiten machten emotional Stabile in der einfachen Go/Nogo-Aufgabe generell mehr Fehler und bei der Switchaufgabe in der non-switch-Bedingung nach Lärmnächten mehr Fehler. Erneut kommt bei diesen Resultaten die schon besprochene Stichprobenproblematik zum Tragen.

Dieser Befund spiegelt die Ergebnisse bezüglich der physiologischen Schlafparameter wider. Emotional Stabile waren in den Lärmnächten häufiger wach und wiesen eine geringere Schlafeffizienz auf als emotional Instabile. Die schon unter den Lärmwirkungshypothesen getesteten Zusammenhänge sind hier wieder vorzufinden. Die Belastungen der emotional Stablen, die durch die beeinträchtigte Schlafqualität hervorgerufen werden, führen zu Kosten, die Hockey [1997] als „fatigue after-effects“ bezeichnet. Diese Kosten treten unmittelbar nach der Belastungsphase auf und verbessern sich erst durch angemessene Erholungsphasen.

Dass sich die Reaktionszeiten bei den emotional Stablen nicht bedeutsam von denen der emotional Instablen unterscheiden, könnte möglicherweise daran liegen, dass die Stablen versuchen, ihre Ressourcen gezielt auf die in der Instruktion fokussierten Reaktionszeiten zu setzen.

Judge und Ilies [2002] überprüften in einer Metaanalyse den Zusammenhang zwischen Neurotizismus und Leistungsmotivation und fanden in der emotionalen Stabilität den stärksten Prädiktor für Leistungsmotivation. Es ist daher anzunehmen, dass die emotional Stablen sich insbesondere nach Lärmnächten durch eine Steigerung der Anstrengung auszeichneten („active coping“). Da in der Instruktion verlangt wird, so schnell wie möglich zu reagieren, setzen emotional Stabile ihr Augenmerk auf dieses Ziel auf Kosten einer erhöhten Fehlerzahl in der monotonen non-switch-Bedingung.

Diese Veränderungen im Verhältnis von Geschwindigkeit und Genauigkeit („speed accuracy trade-off“) wird als eine Möglichkeit beschrieben, die Arbeitsstrategie so zu ändern, dass Ressourcen eingespart werden. Die Aufrechterhaltung der Geschwindigkeit geht dabei jedoch auf Kosten der Genauigkeit [z.B. Hockey 1997, Richter & Hacker 1998]. Diese Arbeitsstrategie könnten die emotional Stablen angewandt haben, da sie hoch motiviert waren, den Instruktionen zu folgen und deshalb auf die Fehler keine gezielte Aufmerksamkeit gesetzt haben.

ZUSAMMENFASSUNG

Nächtlicher Verkehrslärm ist eine Umweltbelastung, die zu Beeinträchtigungen des Schlafes führt. Trotz der eher moderaten Änderungen der Schlafstruktur und -qualität nehmen diese mit dem äquivalenten Dauerschallpegel zu und es kommt zu Beanspruchungsfolgen am nächsten Morgen. Neben einer pegelabhängigen Befindlichkeitsabnahme werden auch erstmalig mit steigendem Dauerschallpegel zunehmende Reaktionszeiten bei einer Leistungsaufgabe nachgewiesen. Mit der Switchaufgabe wurde eine exekutive Funktion abgerufen, die sich als äußerst vulnerabel gegenüber moderaten Schlafstörungen erwies. Die Leistungsbeeinträchtigungen waren insbesondere auf erhöhte Wachzeiten während der Nacht sowie auf ein verspätetes Einsetzen des Tiefschlafes und dessen Reduktion zurückzuführen. Ob diese Leistungsbeeinträchtigungen allerdings über den Tag andauern oder nach einer gewissen Dauer der Erholung wieder zurückgehen, kann mit dieser Studie nicht beantwortet werden.

Die Ergebnisse der subjektiven Schlafbewertung konnten zudem zeigen, dass lärminduzierte Veränderungen des subjektiven Schlafes sowie des Befindens zum Teil durch das Persönlichkeitsmerkmal Extraversion erklärt werden können. Extravertierte geben im Vergleich zu Introvertierten nach Lärmnächten eine stärkere Beeinträchtigung des Schlafes und des Befindens an. Ob dies aus Gründen einer erhöhten Beanspruchung während der Nacht, der aktuellen Situation während der Befragung und der Leistungstests oder aufgrund eines erhöhten Strebens nach Anerkennung im Sinne der sozialen Erwünschtheit geschieht, bleibt ungeklärt.

Bezüglich des Persönlichkeitsmerkmals Neurotizismus sind aufgrund der Stichprobe nur vorsichtige Aussagen möglich. Da wegen der Vorselektion keine hoch emotional Instabilen an dem Experiment teilnahmen und die meisten Befunde konträr zu den Hypothesen stehen, sollten die Ergebnisse mit Zurückhaltung betrachtet werden.

Für zukünftige Arbeiten, die sich mit dieser Fragestellung beschäftigen, sollte eine Vorauswahl mit einer anderen Schwerpunktfokussierung erfolgen, als es bei dieser Studie der Fall war. Um größere Effekte zu erhalten, ist eine Extremgruppenbildung in Bezug auf die Persönlichkeitsmerkmale notwendig. Außerdem wäre es hilfreich, Fragebögen über Copingstrategien oder Stresswahrnehmung mit zu erheben, damit

möglicherweise der Praxisbezug zum Umgang mit nächtlichem Lärm hergestellt werden kann.

Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung subjektiver Einflussgrößen in der Lärmwirkungsforschung. Die alleinige Reduktion des Emissionspegels der einzelnen Verkehrsgeräusche greift allerdings zu kurz, da auch nichtakustische Variablen das Ausmaß der Lärmwirkung beeinflussen. Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass die Primär- und Sekundäreffekte der nächtlichen Schallexposition voneinander abhängig sind und zusätzlich noch von zahlreichen situativen und individuellen Faktoren moderiert werden. Die Persönlichkeit trägt dabei zu einem nicht zu unterschätzenden Anteil zur Entstehung von Beanspruchungsfolgen bei.

LITERATUR

- Agnew H.W., Webb W.B., Williams R.L.** (1966). The first night effect: an EEG study of sleep. *Psychophysiology*, 2, 263-266.
- Åkerstedt T.** (1991). Sleepiness at work: effects of irregular work hours. In: Monk T.H. (ed): *Sleep, sleepiness and performance*. Chichester: Wiley.129-152.
- Åkerstedt T., Gillberg M.** (1979). Effects of sleep deprivation on memory and sleep latencies in connection with repeated awakenings from sleep. *Psychophysiology*, 16, 49-52.
- Amelang M., Bartussek D.** (2001). *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung* (5. erw. Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.
- Ancoli-Israel S., Cole R., Alessi C., Chambers M., Moorcroft W., Pollak C.P.** (2003). The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythmus. *Sleep*, 26 (3), 342-392.
- Anderer P., Gruber G., Klösch G., Klimesch W., Saletu B., Zeithofer J.** (2002). Sleep and memory consolidation: the role of electrophysiological neuroimaging. *Somnologie*, 6, 54-62.
- American Academy of Sleep Medicine** (2001). *ICSD – International classification of sleep disorders, revised: diagnostic and coding manual*. Rochester: Minnesota.
- Arnberg P.W., Bennerhult O., Eberhardt J.L.** (1990). Sleep disturbances caused by vibrations from heavy road traffic. *Journal of Acoustical Society of America*, 88, 1486-1493.
- Asendorpf J.B.** (1999). *Psychologie der Persönlichkeit*. 2. überarbeitete Auflage Berlin: Springer.
- Aserinsky E., Kleitman N.** (1953). Regularly occurring periods of eye motility and concomitant phenomena during sleep. *Science*, 118, 273-274.
- Bandura, A.** (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Barrick M.R., Stewart G.L., Piotrowski M.** (2002). Personality and job performance: test of the mediating effects of motivation among sales representatives. *Journal of Applied Psychology*, 87 (1), 43-51.
- Basner M., Buess H., Elmenhorst D., Gerlich A., Luks N., Maaß H., Mawet L., Müller E.W., Müller U., Plath G., Quehl J., Samel A., Schulze M., Vejvoda M., Wenzel J.** (2004), *Nachtflugwirkungen*. Band 1, Zusammenfassung.
www.dlr.de/me/institut/abteilungen/flugphysiologie/fluglärm/fb2004-07

- Basner M., Samel A.** (2004). Nocturnal aircraft noise effects. *Noise & Health*, 6 (22), 83-93.
- Belojevic G., Öhrström E., Rylander R.** (1992). Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 64, 293-301.
- Belojevic G., Jakovljevic B., Aleksic O.** (1997). Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. *Environment International*, 23, 221-226.
- Berger M.** (1992). *Handbuch des normalen und gestörten Schlafs*. Berlin Heidelberg New York: Springer.
- Beullens J.** (1999). Determinants of insomnia in relatively healthy elderly. A literature review. *Gerontology and Geriatric*, 30 (1), 31-38.
- Blagrove M., Akehurst L.** (2001). Personality and the modulation of effects of sleep loss on mood and cognition. *Personality and Individual Differences*, 30, 819-828.
- Bluhm G., Nordling E., Berglind N.** (2004). Road traffic noise and annoyance – an increasing environmental health problem. *Noise and Health*, 6 (24), 43-49.
- Blumenthal T.D.** (2001). Extraversion, attention, and startle response reactivity. *Personality and Individual Differences*, 30, 495-503.
- Bonnet M.H.** (1980). Sleep, performance and mood after the energy expenditure equivalent of 40 hours of sleep deprivation. *Psychophysiology*, 17, 56-63.
- Borbély A.** (1998). *Das Geheimnis des Schlafs*. Ausgabe für das Internet: Universität Zürich.
- Borbély A.** (2004). *Schlaf*. Frankfurt am Main. :S. Fischer Verlag.
- Born J., Plihal W.** (2000). Gedächtnisbildung im Schlaf: Die Bedeutung von Schlafstadien und Stresshormonfreisetzung. *Psychologische Rundschau*, 51(4), 198-208.
- Brink M., Wirth K., Rometsch R., Schierz Ch.** (2005). *Lärmstudie 2000 Zusammenfassung*. ETH Zürich, Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften.
(Online:<http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=bericht&n=444>)
- Brocke B., Battmann W.** (1992). The Arousal-Activation Theory of extraversion and neuroticism: a systematic analysis and principal conclusion. *Advanced Behavior Research and Theory*, 11, 211-246.

- Brocke B., Hennig J., Netter P.** (2004). Biopsychologische Theorien der Persönlichkeit. In: K. Pawlik (Hrsg.). *Theorien und Anwendungsfelder der Differentiellen Psychologie*. Enzyklopädie der Psychologie, C VIII, Bd. 5, Göttingen: Hogrefe. 365-430.
- Buyse D.J., Reynolds C.F., Monk T.H., Berman S.R., Kupfer D.J.** (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practise and research. *Psychiatry Research*, 28, 193-213.
- Burgess P.W.** (1997). Theory and methodology in executive function research. In: P. Rabbitt (ed.), *Methodology of Frontal and Executive Function*. Hove: Psychology Press. 81-116.
- Campbell J.B.** (1992). Extraversion and noise sensitivity: a replication of Dornic and Ekehammar's study. *Personality and Individual Differences*, 13 (8), 953-955.
- Campbell-Sills L., Cohan S.L., Stein M.B.** (2006). Relationship of resilience to personality, coping, and psychiatric symptoms in young adults. *Behavior Research and Therapy*, 44 (4), 585-599.
- Coates T.J., George J.M., Killen J.D., Marchini E., Hamilton S., Thorensen C.E.** (1981). First night effects in good sleepers and sleep-maintenance insomniacs when recorded in the home. *Sleep*, 4, 293-298.
- Costa P.T., McCrae R.R., Dye D.A.** (1991). Facet scales for agreeableness and conscientiousness: A revision of the NEO personality inventory. *Personality and Individual Differences*, 12, 887-898.
- Cox-Fuenzalida L., Swickert R., Hittner J.B.** (2004). Effects of neuroticism and workload history on performance. *Personality and Individual Differences*, 36, 447-456.
- Danker-Hopfe H., Kunz D., Gruber G., Klösch G., Lorenzo J.L., Himanen, S.L., Kemp B., Penzel T., Röschke J., Dorn H., Schlögl A., Trenker E., Dorffner G.** (2004). Interrater reliability between scorers from eight European sleep laboratories in subjects with different sleep disorders. *Journal of Sleep Research*, 13, 63-69.
- Daruna J.H., Karrer R., Rosen A.J.** (1985). Introversion, attention, and the late component of event-related potentials. *Biological Psychology*, 20, 249-259.
- Dornic S., Ekehammar B.** (1990). Extraversion, neuroticism, and noise sensitivity. *Personality and Individual Differences*, 11 (9), 989-992.
- Duden** (1963), *Etymologie, Herkunftswörterbuch der deutschen Sprache*. Bibliographisches Institut AG Mannheim.
- Eberhardt J.L., Strale L.O., Berlin M.H.B.** (1987). The influence of continuous and intermittent traffic noise on sleep. *Journal of Sound and Vibration*, 116, 445-464.

- European Commission** (1997). *Green Paper on Future Noise Policy*. COM 540 Final.
- Eysenck H.J.** (1967). *The biological basis of personality*. Springfield, Illinois: Thomas.
- Eysenck H.J., Eysenck M.W.** (1985). *Personality and individual differences*. New York: Plenum Press.
- Fahrenberg J., Hampel R., Selg H.** (1989). *Das Freiburger Persönlichkeitsinventar FPI*. Revidierte Fassung FPI-R und teilweise geänderte Fassung FPI-A1. Verlag für Psychologie, Hogrefe: Göttingen.
- Fidell S., Howe R.R., Tabachnick B.G., Pearsons K.S., Sneddon M.D.**(1995). *Noise-induced sleep disturbances in residences near two civil airports*. National Aeronautics and Space Administration, Langley Research Center, NASA Contractor Report 198252.
- Fink A., Neubauer A.C.** (2004). Extraversion and cortical activation: effects of task complexity. *Personality and Individual Differences*, 36, 333-347.
- Fink A., Grabner R.H., Neuper C., Neubauer A.C.** (2005). Extraversion and cortical activation during memory performance. *International Journal of Psychophysiology*, 56, 129-141.
- Gau S.F.** (2000). Neuroticism and sleep-related problems in adolescence. *Sleep*, 15 (23), 495-502.
- Gray E.K., Watson D.** (2002). General and specific traits of personality and their relation to sleep and academic performance. *Journal of Personality*, 70 (2), 177-206.
- Griefahn B.** (1985). *Schlafverhalten und Geräusche. Feld- und Laboruntersuchungen über Straßenverkehr - EEG Analyse - Literatur auswertung*. Stuttgart: Ferdinand Enke.
- Griefahn B.** (1986). A critical load for nocturnal high-density road traffic noise. *American Journal of Industrial Medicine*, 9, 261-269.
- Griefahn B.** (2000). Noise-induced extraaural effects. *Journal of the Acoustical Society of Japan*, 21, 307-317.
- Griefahn B.** (2002). Sleep disturbances related to environmental noise. *Noise & Health*, 4 (15), 57-60.
- Griefahn B., Spreng M.** (2004). Disturbed sleep patterns and limitation of noise. *Noise & Health*, 6 (22), 27-33.

- Griefahn B., Schuemer-Kohrs A., Schuemer R., Moehler U., Mehnert P.** (2000). Physiological, subjective, and behavioural responses to noise from rail and road traffic. *Noise & Health*, 3, 59-71.
- Guilford J.P.** (1964). *Persönlichkeit*. Weinheim: Beltz.
- Guski R.** (1987). *Lärm: Wirkungen unerwünschter Geräusche*. Huber: Bern.
- Guski R.** (1996). *Wahrnehmen – ein Lehrbuch*. Kohlhammer: Stuttgart.
- Heckhausen H.** (1980). *Motivation und Handeln*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hellbrück J.** (1993). *Hören – Physiologie, Psychologie und Pathologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Hellbrück J.** (1999). *Umweltpsychologie*. Ein Lehrbuch. Hogrefe: Göttingen.
- Hockey G.R.J.** (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45, 73-93.
- Hoffmann R.M., Schnieder G., Heyden T.** (1996). *Fragebogen zur Erfassung spezifischer Persönlichkeitsmerkmale Schlafgestörter (FEPS-II)*. Handanweisung. Göttingen: Hogrefe.
- Horne J.A.** (1988). *Why we sleep*. Oxford University Press: New York.
- Hume K.L., Thomas C.** (1993). Sleep disturbances due to aircraft noise at a rapidly expanding airport (Manchester Airport). In M. Vallet (ed): *Proceedings of the 6th International Congress Noise as a Public Health Problem*, Nice 5-9 July 1993. Vol 2, 563-566.
- Hurtz G.M., Donovan J.J.** (2000). Personality and job performance: the big five revisited. *Journal of Applied Psychology*, 85 (6), 869-879.
- Jankovljevic, B., Belojevic G., Paunovic K., Stojanov V.** (2006). Road traffic noise and sleep disturbances in an urban population: cross-sectional study. *Croatian Medicine Journal*, 47, 125-133.
- Jensen E., Dehlin O., Hagberg B., Samuelsson G., Svensson T.** (1998). Insomnia in an 80-year old population: relationship to medical, psychological and social factors. *Journal of Sleep Research*, 7, 183-189.
- Jha S.S.** (1988). Personality and vigilance during sleep deprivation. *Indian Psychologist*, 5 (2), 49-54.
- Jobb R.F.S.** (1999). Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise. *Noise & Health*, 3, 57-68.

- Johnson L.C., Naitoh P., Moses J.M., Lubin A.** (1974). Interaction of deprivation and stage 4 deprivation with total sleep loss: Experiment 2. *Psychophysiology*, 11, 147-159.
- Jones K., Harrison Y.** (2001). Frontal lobe function, sleep loss and fragmented sleep. *Sleep Medicine Reviews*, 5, 463-475.
- Judge T., Ilies R.** (2002). Relationship of personality to performance motivation: a meta-analytic review. *Journal of Applied Psychology*, 87 (4), 797-807.
- Kawada T., Suzuki S., Aoki S., Ohawa M.** (1993). Relationship between subjective sleep rating and objective sleep parameter: a case study. *Environmental Research*, 60, 136-144.
- Koelega H.S.** (1992). Extraversion and vigilance performance: 30 years of inconsistencies. *Psychological Bulletin*. 112 (2), 239-258.
- Knauth P., Ruthenfranz J.** (1975). The effects of noise on the sleep of nightworkers. In: P. Colquhoun, S. Folkard, P. Knauth, L. Ruthenfranz (eds): *Experimental studies of shift work*. Opladen: Westdeutscher Verlag. 57-65.
- Kuroiwa, M., Xin P., Suzuki S., Sasazawa Y., Kawada T.** (2002). Habituation of sleep to road traffic noise observed not by polygraphy but by perception. *Journal of Sound and Vibration*, 250, 101-106.
- Langford G.W., Meddis R., Pearson A.J.D.** (1974). Awakening latency from sleep for meaningful and non-meaningful stimuli. *Psychophysiology*, 11, 1-5.
- Laux L., Glanzmann P.G., Schaffner P., Spielberger C.D.** (1981). *Das State Trait Angstinventar. Theoretische Grundlagen und Handanweisung*. Weinheim: Beltz.
- LeVere T.E., Bartus R.T., Morlock G.W., Hart F.D.** (1973). Arousal from sleep: responsiveness to different auditory frequencies equated for loudness. *Psychophysiology and Behaviour*, 10, 53-57.
- LeVere T.E., Morlock G.W., Thomas L.P., Hart F.D.** (1974). Arousal from sleep: the differential effect of frequencies equated for loudness. *Psychophysiology and Behaviour*, 12, 573-582.
- Lezak M.D.** (1995). *Neuropsychological Assessment*. New York: Oxford University Press.
- Locke E.A., Latham G.P.** (1990). *A theory of goal setting and task performance*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Loomis A.L., Harvey E.N., Hobart G.A.** (1937). Cerebral states during sleep, as studied by human brain potentials. *Journal of Experimental Psychology*, 21, 127-144.

- Lubin A., Moses J.M., Johnson L.C., Naitoh P.** (1974). The recuperative effects of REM sleep and stage 4 sleep on human performance after complete sleep loss: Experiment 1. *Psychophysiology*, 11, 133-146.
- Ludlow J.E., Morgan P.A.** (1972). Behavioural awakening and subjective reactions to indoor sonic booms. *Journal of Sound and Vibration*, 25, 479-495.
- Maquet P.** (2000). Functional neuroimaging of normal human sleep by positron emission tomography. *Journal of Sleep Research*, 9, 207-231.
- Mastin D.F., Peszka J., Poling T., Phillips R., Duke J.** (2005). Personality as a predictor of the objective and subjective impact of sleep deprivation. *Personality and Individual Differences*, 39, 1471-1482.
- McCrae R.R., Costa P.T.** (1997). Personality trait structure as a human universal. *American Psychologist*, 52, 509-516.
- McFatter R.M.** (1994). Interactions in predicting mood from extraversion and neuroticism. *Journal of Personality and Social Psychology*, 66 (3), 570-578.
- Meier U.** (2004). Das Schlafverhalten der deutschen Bevölkerung – eine repräsentative Studie. *Somnologie*, 8, 87-94.
- Meijman T.F., Mulder G.** (1998). Psychological aspects of workload. In: P.J.D. Drenth, H. Thierry & C.J. de Wolff (eds.), *Handbook of work and organizational psychology* (2nd ed., vol.2: Work Psychology, 5-33). Hove, GB: Psychology Press.
- Miyake A., Friedmann N.P., Emerson M.J., Witzki A.H., Howerter A., Wager T.D.** (2000): The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Monsell S.** (1996). Control of mental processes. In V. Bruce (Ed.), *Unsolved mysteries of the mind* (93-148). Hove, England: Erlbaum.
- Murberg T.A., Bru E., Stephens P.** (2002). Personality and coping among congestive heart failure patients. *Personality and Individual Differences*, 32, 775-784.
- Muzet A., Ehrhard J., Eschenlauer R., Lienhard J.P.** (1980). Habituation and age differences of cardiovascular responses to noise during sleep. *Sleep*, 212-215.
- Newton T., Slade P., Butler N., Murphy P.** (1992). Personality and performance on a simple visual search task. *Personality and Individual Differences*, 13 (3), 381-382.
- Öhrström E.** (1995). Effects of low levels of road traffic noise during the nights: a laboratory study on number of events, maximum noise level and noise sensitivity. *Journal of Sound and Vibration*, 179 (4), 603-615

- Öhrström E.** (1999). Sleep disturbances caused by road traffic noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 105, 12-18.
- Öhrström E., Björkman M.** (1988). Effects of noise-disturbed sleep – a laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity. *Journal of Sound and Vibration*, 122, 277-290.
- Öhrström E., Rylander R.** (1990). Sleep disturbance by road traffic noise – a laboratory study on number of noise events. *Journal of Sound and Vibration*, 143 (1), 93-101.
- Passchier-Vermeer W., Vos H., Steenbekkers J.H.M., van der Ploeg F.D., Groothuis-Oudshoorn K.** (2002). *Sleep disturbance and aircraft noise exposure. Exposure-effect relationship.* TNO Prevention and Health. TNO-Report Nr 2002.027.
- Penzel T., Hajak G., Hoffmann R.M., Lund R., Podszus T., Pollmächer T., Schäfer T., Schulz H., Sonnenschein W., Spieweg I.** (1993). Empfehlungen zur Durchführung und Auswertung polygraphischer Ableitungen im diagnostischen Schlaflabor. *Zeitschrift für Elektroenzephalographie, Elektromyographie und verwandte Gebiete*, 2 (24), 65-70.
- Penzel T., Behler P.-G., von Buttlar M., Conradt R., Meier M., Möller A., Danker-Hopfe H.** (2003). Reliabilität der visuellen Schlafauswertung nach Rechtschaffen und Kales von acht Aufzeichnungen durch neun Schlaflabore. *Somnologie*, 7 (49), 49-58.
- Penzel T., Peter H., Peter J.H.** (2005). Schlafstörungen – Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Heft 27. Robert Koch-Institut: Berlin.
- Pilcher J.J., Huffcutt A.I.** (1996). Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis. *Sleep*, 19 (4), 318-326.
- Quehl J., Basner M.** (2005). Belästigung durch Nachtfluglärm im Schlaflabor: Dosis-Wirkungskurven. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 52, 38-45.
- Rechtschaffen A., Kales A.** (1968). *A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages in human subjects.* US Dept of Health, Education, and Welfare. Public Health Service – National Institutes of Health, National Institute of Neurological Diseases and Blindness, Neurological Information Network, Bethesda, Maryland 20014.
- Richter P., Hacker W.** (1998). *Belastung und Beanspruchung. Stress, Ermüdung und Burnout im Arbeitsleben.* München: Asanger.
- Schapkin, S., Falkenstein M., Marks A., Griefahn B.** (2006). After-effects of noise-induced sleep disturbances on inhibitory functions. *Life Science*, 78, 1135-1142.

- Smith A., Maben A.** (1993). Effects of sleep deprivation, lunch, and personality on performance, mood, and cardiovascular function. *Physiology & Behavior*, 54, 967-972.
- Smith A., Stansfeld S.** (1986). Aircraft noise exposure, noise sensitivity, and everyday errors. *Environment and Behaviour*, 18 (2), 214-226.
- Socan G., Bucik V.** (1998). Relationship between speed of information processing and two major personality dimensions - extraversion and neuroticism. *Personality and Individual Differences*, 25, 35-48.
- Spiegel R., Nüesch E.** (1976). Correlations between personality characteristics and sleep variables in healthy subjects. 3rd European Congress of Sleep Research, Montpellier, 302-305.
- Spielberger C.D., Gorsuch R.L., Lushene R.E.** (1970). *STAI. Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Stansfeld S.A.** (1992). Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder, *Psychological Medicine: Monographs*, Supplement 22.
- Stewart M.E., Ebmeier K., Deary I.J.** (2005). Personality correlates of happiness and sadness: EPQ-R and TPQ compared. *Personality and Individual Differences*, 38, 1085-1096.
- Steyer R., Schwenkmetzger P., Notz P., Eid M.** (1997). *Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF)*. Göttingen: Hogrefe.
- Strauch I., Schneider-Düker M., Zayer H., Heine H.W., Heine I., Lang R., Müller N.** (1976). Der Einfluss sinnvoller akustischer Signale auf das Schlafverhalten. *Archiv für Psychologie*, 128, 75-95.
- Taylor D.J., McFatter R.M.** (2003). Cognitive performance after sleep deprivation: does personality make a difference? *Personality and Individual Differences*, 34 (7), 1179-1193.
- Thiessen G.J.** (1978). Disturbances of sleep by noise. *Journal of Acoustical Society of America*, 64, 216-222.
- Tune G.S.** (1969). The influence of age and temperament on the adult human sleep-wakefulness pattern. *British Journal of Psychology*, 60 (4), 431-441.
- Vollrath M., Torgersen S.** (2000). Personality types and coping. *Personality and Individual Differences*, 29, 367-378.
- Webb W.B., Friel J.** (1971). Sleep stage and personality characteristics of 'natural' long and short sleepers. *Science*, 171, 587-588.
- World Health Organization WHO** (1968). *Yearbook of International Organizations*.

Williams D.G. (1989). Effects of psychoticism, extraversion, and neuroticism in current mood: A statistical review of six studies. *Personality and Individual Differences*, 11 (6), 615-630.

ANHANG

Instruktionen

Go/Nogo einfach

Go/nogo komplex

Switch

Fragebögen

Eingangsfragebogen

Morgenfragebogen

Instruktion GO / NOGO einfach

Auf dem Monitor erscheinen gleich in beliebiger Reihenfolge hintereinander die Wörter **DRÜCK** bzw. **drück** und **STOPP** bzw. **stopp**.

Es ist bei dieser Aufgabe egal, ob die Wörter groß oder klein geschrieben sind.

Folgende Reaktionen sind möglich:

Bei **DRÜCK** oder **drück** ⇒ Taste drücken.

Bei **STOPP** oder **stopp** ⇒ Taste **nicht** drücken.

Linkshänder sollten den linken Daumen und die linke Taste benutzen, Rechtshänder den rechten Daumen und die rechte Taste.

Es ist wichtig, möglichst schnell zu reagieren. Falls Ihre Reaktionen zu langsam werden, ertönt über den Kopfhörer ein Warnsignal.

Falls Sie noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an die Versuchsleitung. Sonst bitte mit einer beliebigen Taste die Aufgabe starten.

Instruktion GO / NOGO komplex

Auf dem Monitor erscheinen gleich in beliebiger Reihenfolge hintereinander die Wörter **STOPP** bzw. **drück** und **DRÜCK** bzw. **stopp**.

Bei dieser Aufgabe ist es wichtig, darauf zu achten ob die Wörter **groß oder klein geschrieben sind.**

Folgende Reaktionen sind möglich:

Bei **STOPP** oder **drück** ⇒Taste drücken.

Bei **DRÜCK** oder **stopp** ⇒Taste **nicht** drücken.

Linkshänder sollten den linken Daumen und die linke Taste benutzen, Rechtshänder den rechten Daumen und die rechte Taste.

Es ist wichtig, möglichst schnell zu reagieren. Falls Ihre Reaktionen zu langsam werden, ertönt über den Kopfhörer ein Warnsignal.

Falls Sie noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an die Versuchsleitung. Sonst bitte mit einer beliebigen Taste die Aufgabe starten

Instruktion Switchaufgabe

Auf den Monitor erscheint um einen Fixpunkt herum, im Uhrzeigersinn, nacheinander eine zweistellige Zahl.

Jede Ziffer dieser Zahl muss für sich nach folgenden Kriterien beurteilt werden:

Position **oberhalb** des Fixierpunktes \Rightarrow welche Ziffer ist **gerade**, die linke oder die rechte Ziffer?

Position **unterhalb** des Fixierpunktes \Rightarrow welche Ziffer ist **größer**, die linke oder die rechte Ziffer?

Die linke Ziffer entspricht der linken Taste und die rechte Ziffer der rechten Taste.

Wenn z.B. oberhalb des Punktes die Zahl 47 erscheint, muss die linke Taste gedrückt werden, da die Ziffer 4 eine gerade Zahl ist.

Würde die Zahl 47 unterhalb des Punktes stehen, muss die rechte Taste gedrückt werden, da die 7 größer ist als die 4.

Es ist wichtig, möglichst schnell zu reagieren. Falls Ihre Reaktionen zu langsam werden, ertönt über den Kopfhörer ein Warnsignal.

Falls Sie noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an die Versuchsleitung. Sonst bitte zum Starten eine beliebige Taste drücken.

FragebogenDatum:

Vorname, Name:

Pb. Nr.:

Strasse:

Wohnort:

Fon: Mobil:

e-mail:.....

Geschlecht: weiblich männlich

Alter: Jahre

1. Bitte lesen Sie jede Frage sorgfältig durch, bevor Sie antworten.
2. Beantworten Sie jede Frage ehrlich. Es gibt keine richtige oder falsche Antwort.
3. Die Fragen und sämtliche Angaben unterliegen selbstverständlich der **Schweigepflicht**.

1. Haben Sie im Moment gesundheitliche Beschwerden? nein ja Wenn ja – welche? _____**2. Liegt bei Ihnen eine chronische Erkrankung vor?** nein ja Wenn ja – welche? _____**3. Nehmen Sie derzeit Medikamente ein?** nein ja Wenn ja – welche? _____

4. Konsumieren Sie Alkohol, Nikotin oder andere Drogen?

Alkohol: nein
 ja Welche (Menge /
Häufigkeit)? _____

Rauchen: nein
 ja Was (Menge /
Häufigkeit)? _____

Drogen: nein
(z.B. Cannabis, etc.) ja Welche (Menge /
Häufigkeit)? _____

5. Haben Sie in engen Räumen Platzangst?

- nein
 ja

6. Welche Tätigkeit / welchen Beruf/Studium üben Sie derzeit aus?

Wenn Sie studieren, haben sie eine Nebentätigkeit?

- nein
 ja Welche / Stunden pro
Woche? _____

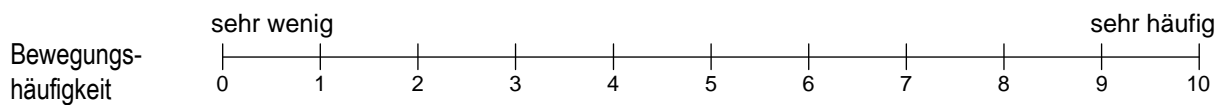
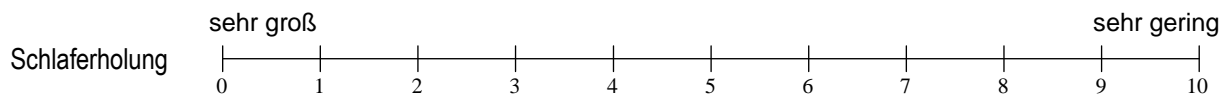
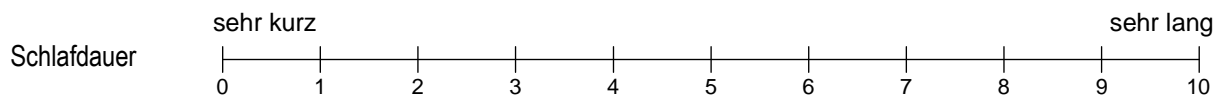
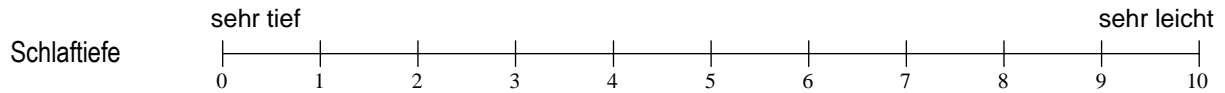
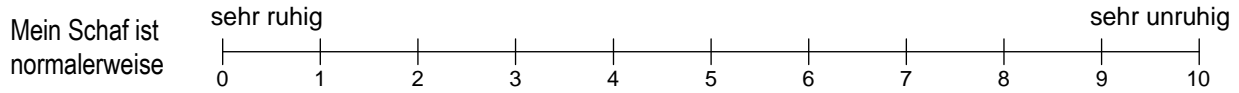
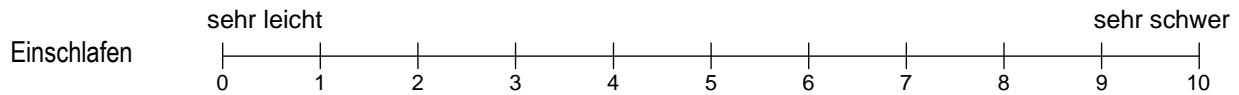
7. Wie viele Stunden pro Woche arbeiten Sie?

_____ Stunden

8. Leisten Sie Schichtarbeit?

- nein
 ja und zwar Frühschicht
 Spätschicht
 Nachtschicht
wie oft? häufig
 selten
 regelmäßig
 unregelmäßig

9. Schätzen Sie bitte Ihren allgemeinen Schlaf ein.



10. Um welche Zeit gehen Sie normalerweise ins Bett und wie viele Stunden schlafen Sie durchschnittlich?

..... Uhr Stunden

11. Wie wachen Sie morgens auf?

spontan mit Weckhilfe Geräusche von draußen

12. Haben Sie Einschlafschwierigkeiten?

nein
 ja Wenn ja, welche? _____

13. Haben Sie Durchschlafschwierigkeiten?

nein
 ja Wenn ja, welche? _____

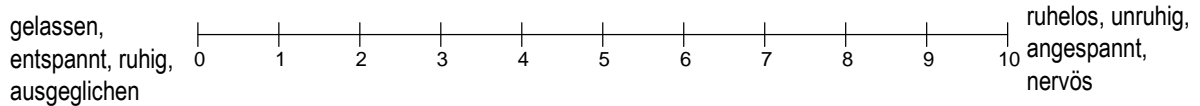
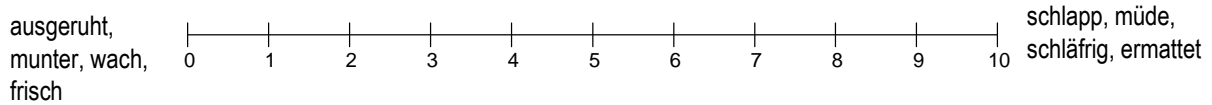
Morgenfragebogen

Datum:

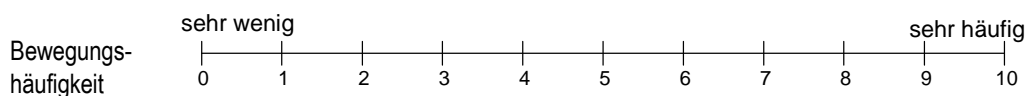
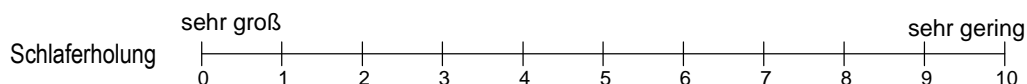
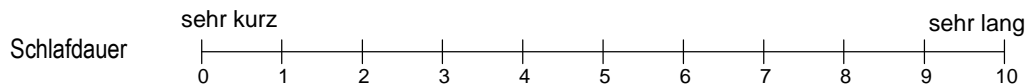
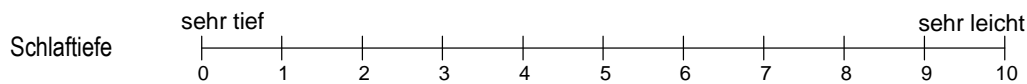
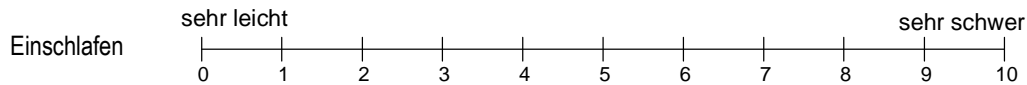
Name/Vorname: Ctyp.: LVNr.:

1. Uhrzeit: Uhr

2. Wie fühlen Sie sich momentan?



3. Schätzen Sie bitte Ihren Schlaf ein.



4. Wie lange haben Sie zum Einschlafen gebraucht?

..... Minuten

Sind Sie von alleine aufgewacht?

nein

ja wenn ja, wie lange vor dem aufwecken? Minuten

5. Wenn Sie Einschlafschwierigkeiten hatten, was war die Ursache?

.....

6. Sind Sie zwischendurch aufgewacht?

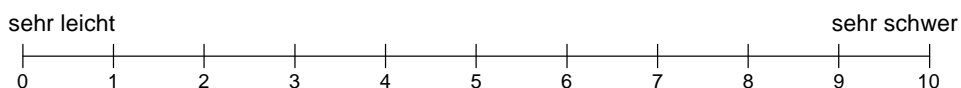
nein

ja wie oft ? mal
 wie lange waren Sie insgesamt wach?Minuten

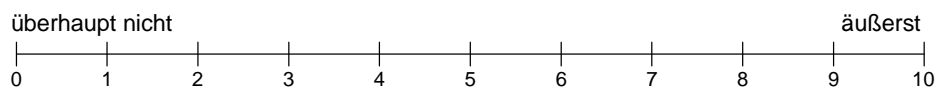
Gründe für dieses Aufwachen (Mehrfachnennungen möglich):

weiß nicht Geräusche von draußen andere Gründe

Wie schwierig war es für Sie wieder einzuschlafen?



7. Wie stark haben Sie sich durch den Lärm in der Nacht gestört oder belästigt gefühlt?



Gab es irgendwelche besonderen Vorkommnisse?

.....

Ich versichere hiermit, dass ich die Dissertation „Nächtliche Verkehrslärmwirkungen auf Schlaf, Leistung und Befinden unter der Berücksichtigung von Persönlichkeitsmerkmalen“ selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Dortmund, den 24.08.2006