

AUS DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG
PD DR. THOMAS METTERLEIN
ANÄSTHESIOLOGIE

UNTERSUCHUNG NEUROKOGNITIVER LEISTUNGSFÄHIGKEIT NACH
NACHTARBEIT IM NOTARZTDIENST

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Luzia Brandl

2022

AUS DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG
PD DR. THOMAS METTERLEIN
ANÄSTHESIOLOGIE

UNTERSUCHUNG NEUROKOGNITIVER LEISTUNGSFÄHIGKEIT NACH
NACHTARBEIT IM NOTARZTDIENST

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Luzia Brandl

2022

Dekan:

Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter:

PD Dr. Thomas Metterlein

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. Jürgen Schlaier

Tag der mündlichen Prüfung:

11. August 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Auswirkungen von Schlafentzug durch Nachtdienste und zirkadianer Rhythmus	6
1.2	Die kognitive Leistungsfähigkeit.....	9
1.2.1	Begriffserklärung	9
1.2.2	Testverfahren zur Untersuchung der kognitiven Leistungsfähigkeit	9
1.2.3	Auswirkungen von Schlafentzug und Bereitschaftsdienst auf die kognitive Leistungsfähigkeit.....	10
1.3	Die besondere Stellung der Notfallmedizin.....	12
1.3.1	Notfallmedizin als Nebentätigkeit.....	12
1.3.2	Arbeitsbelastung in der Notfallmedizin.....	13
1.4	Forschungsfragen	15
2	Material und Methoden	16
2.1	Probanden.....	16
2.2	Aufbau des Notarztdienstes am Universitätsklinikum Regensburg	17
2.3	Testdurchführung	18
2.4	Fragebogen	19
2.5	Die PANAS-Skala.....	20
2.5.1	Gütekriterien.....	22
2.6	Die TAP	23
2.6.1	Gütekriterien.....	24
2.6.2	TAP-Tests	25
2.6.3	Testparameter.....	32
2.6.4	Testwiederholungen und Übungseffekt	32
2.7	Statistische Analyse	34
3	Darstellung der Ergebnisse.....	35
3.1	Ergebnisse der Fragebögen	35
3.1.1	Unterbrechungen des Schlafs während des Nachtdienstes	35
3.1.2	Einsätze während des Nachtdienstes.....	35
3.1.3	Letzte Aktivität vor dem Nachtdienst.....	36
3.1.4	Subjektive Empfindung des Dienstes	36
3.2	Vergleich der Fragebögen.....	37
3.2.1	Reihenfolge und zeitlicher Abstand der Testungen.....	37
3.2.2	Einnahme von Koffein	37
3.2.3	Schlaf.....	37
3.2.4	Subjektive Einschätzung der kognitiven Fähigkeiten	37
3.2.5	Subjektive Einschätzung des Wachheitsgrades	39

3.3	Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen	40
3.4	Auswertung der PANAS.....	42
3.4.1	Vergleich PANAS „nach Nachtdienst“ versus „ausgeruht“	42
3.4.2	Einflussgrößen auf die Ergebnisse der PANAS	43
3.5	Auswertung der TAP	49
3.5.1	Vergleich „ausgeruht“ versus „nach Nachtdienst“	49
3.5.2	Zusammenhang bestimmter Faktoren mit den Ergebnissen der TAP	53
4	Diskussion	78
4.1	Besonderheiten des Notarztdienstes.....	78
4.2	Auswirkungen eines Nachtdienstes auf die Stimmung	80
4.3	Einfluss eines Nachtdienstes auf die Selbsteinschätzung der kognitiven Fähigkeiten..	82
4.4	Einfluss eines Nachtdienstes auf die kognitiven Fähigkeiten.....	83
4.5	Einflussfaktoren auf die Auswirkungen eines Nachtdienstes.....	85
4.6	Bewertung der Ergebnisse.....	89
4.7	Gefahren für Notarzt und Patient	90
4.8	Limitationen der Studie.....	93
4.8.1	Konzeption und Realisierung der Studie.....	93
4.8.2	TAP als Parameter für die kognitive Fähigkeit	93
4.8.3	Die „ausgeruhte Testung“ als Basiswert	94
4.9	Stärken der Studie.....	95
5	Zusammenfassung	97
6	Literatur	99
	Abbildungsverzeichnis.....	107
	Tabellenverzeichnis.....	111
	Anhangsverzeichnis	111
	Anhang.....	112
	Lebenslauf.....	115
	Eidesstattliche Erklärung	116
	Danksagung	117

Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole

bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
et al.	et alii
f	Effektstärke nach Cohen bei Regressionsanalyse
F	Teststatistik bei F-Test bei Regressionsanalyse
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
M	Mittelwert
min	Minuten
ms	Millisekunden
n	Stichprobengröße
o.Ä.	oder Ähnliches
p	Signifikanzwert
PANAS	Positive and Negative Affect Schedule
r	Korrelationskoeffizient nach Pearson
r_s	Korrelationskoeffizient nach Spearman
(korr.) R^2	(Korrigiertes) Bestimmtheitsmaß bei Regressionsanalyse
RZ	Reaktionszeit
s.	siehe
SD	Standardabweichung
t	Teststatistik bei t-Test für verbundene Stichproben

TAP	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter
z	Teststatistik bei Wilcoxon-Test
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Arbeiten, wenn andere schlafen – Nachtschichten und Nachtdienste sind im Beruf des Arztes kaum zu umgehen. Als Nachtarbeit definieren Struck et al. in ihrer Matching-Analyse eine Erwerbsarbeit zwischen 23 und 5 Uhr. Demnach gehen 11,1 % aller Beschäftigten in Deutschland regelmäßig Nachtarbeit nach. Im Bereich „Gesundheit und Pflege“ ist die zeitlich ununterbrochene Aufrechterhaltung von medizinischen Leistungen unumgänglich und somit der Anteil von Nachtschichtarbeit besonders hoch [1]. Vor allem Ärzte in nachgeordneten Stellungen bestreiten die größte Zahl der anfallenden Nachtdienste [2]. Somit ist der Anteil der Nachtarbeit besonders bei jungen Ärzten im Krankenhaus viel höher als beim Durchschnitt aller Beschäftigten.

Zu den Auswirkungen von Nachtarbeit, Schichtarbeit und Bereitschaftsdiensten existieren viele Studien, die teilweise explizit die Situation von Ärzten beleuchten. Jedoch gibt es wenige Studien, die sich explizit mit der speziellen Situation in der Notfallmedizin beschäftigen. Notärzte werden häufig mit Extremsituationen konfrontiert und sind auf sich allein gestellt. Daher ist gerade in dieser Berufsgruppe interessant, inwieweit sich ein Nachtdienst auf die kognitiven Fähigkeiten auswirkt.

Für die folgende Arbeit sollen die Begriffe Nachtarbeit, Nachtschicht und Nachtdienst kurz definiert bzw. differenziert werden. Als Nachtarbeit haben wir allgemein die Arbeit zwischen 20:00 Uhr und 06:00 Uhr definiert. Der Begriff Nachtschicht soll in dieser Arbeit als eine normale 8-stündige Arbeitseinheit mit voller Präsenz innerhalb der oben definierten Zeit gelten. Als Nachtdienst sehen wir einen nächtlichen Bereitschaftsdienst an, in welchem keine ständige Anwesenheit gefordert ist, sondern es die Möglichkeit zu schlafen gibt.

1.1 Auswirkungen von Schlafentzug durch Nachtdienste und zirkadianer Rhythmus

Studien aus den USA haben gezeigt, dass durch sehr lange Schichten (24 Stunden oder länger) das Risiko von Nadelstichverletzungen steigt, sowie von Wegeunfällen mit dem Auto [3,4]. Vor allem Assistenzärzte berichten oft über Unfälle, die durch Sekundenschlaf nach einem Nachtdienst verursacht wurden [5].

Derzeit werden die gesundheitlichen, psychischen sowie sozialen Folgen von Nacht- bzw. Schichtarbeit stark diskutiert. Die Matching-Analyse von Struck et al. fasst viele Studien zu diesem Thema zusammen. Die Ergebnisse zeigen, dass Schicht- und insbesondere Nachtarbeit die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Schlafstörungen deutlich erhöht. Weitere Folgen können nach der Art der Arbeitsbelastung differenziert werden: Häufige Nachtarbeit mit hoher physischer und sozialer Belastung scheint z.B. Magen-Darm-Beschwerden auszulösen. Sporadische Nachtarbeit, die eher durch anspruchsvolle Arbeitsanforderungen, wie z.B. hohe Verantwortung, gekennzeichnet ist, könne sich negativ auf die Psyche in Form von Nervosität, Reizbarkeit bis hin zum Burnout auswirken. Zudem kann diese Form der Arbeitsbelastung mit kardiovaskulären Problemen in Verbindung gebracht werden [1], einige Studien beschreiben ein erhöhtes Brustkrebsrisiko [6,7]. In einer aktuelleren Studie von 2014 wird ein signifikanter Zusammenhang zwischen regelmäßig geleisteter Nachtarbeit und einem erhöhten Burn-out-Risiko dargestellt [2].

Einer der Hauptgründe der gesundheitsgefährdenden Auswirkungen von Nachtschichten und Nachtdiensten ist die Unterbrechung des zirkadianen Rhythmus.

Rhythmen werden als zirkadian bezeichnet, wenn sie sich regelmäßig nach circa 24 Stunden wiederholen. Die Wissenschaft, die sich mit diesem Phänomen beschäftigt, wird als Chronobiologie bezeichnet. Inzwischen ist bekannt, dass nahezu alle Funktionen des Körpers einem zirkadianen Muster folgen und somit einen absoluten Hoch- und Tiefpunkt innerhalb von 24 Stunden haben [8], wie z.B. die Körpertemperatur oder der Schlaf-Wach-Rhythmus.

Hiervon kann abgeleitet werden, dass auch Aufmerksamkeit und Leistung dem zirkadianen Rhythmus folgen. So wurde in Tests herausgefunden, dass die psychomotorischen Fähigkeiten sowie die Fähigkeit zur Lösung mathematischer Probleme zwischen 3 und 5 Uhr ihren Tiefpunkt erreichen [9]. Dies bedeutet, dass das

Arbeiten in der Nacht allein aufgrund der biologischen Uhr einen Nachteil in der Leistungsfähigkeit darstellt.

Mit dem Zusammenhang von Nachtarbeit und zirkadianem Rhythmus in der Notfallmedizin beschäftigt sich ein Review in den „Annals of emergency medicine“ aus dem Jahr 2001. Demnach hat eine Nachtschicht eine Unterbrechung des zirkadianen Rhythmus zur Folge, was zu einer Beeinträchtigung von Schlafqualität und -quantität führt [9].

Ähnliche Ergebnisse liefert eine Studie von 1994. Eine Gruppe von Notärzten wurde zweimal über je 24 Stunden beobachtet. Bei der ersten Testung sollten die Ärzte tagsüber arbeiten und in der Nacht schlafen. Bei der zweiten Testung wurde das Prozedere umgekehrt durchgeführt und die Ärzte sollten tagsüber schlafen und in der Nacht arbeiten. Das Ergebnis zeigte, dass die Notärzte in der zweiten Testung signifikant weniger Schlafstunden zählten als bei der ersten Testung. Im umgekehrten Rhythmus wurden somit im Vergleich zum normalen Nachtschlaf weniger Stunden geschlafen. Während der Arbeit in Tagschicht schätzten sie sich zudem wacher, glücklicher und scharfsinniger ein als während der Nachtschicht. Außerdem zeigten die Ärzte während der Nachtschicht eine Leistungsminderung. So brauchten sie nachts signifikant länger, eine Puppe zu intubieren, und neigten eher zu Fehlern [10]. Dies kann ein erhebliches Risiko für die Nachtarbeit im Medizinwesen bedeuten. Doch nicht nur die Nachtarbeit selbst, auch die anschließende Tagarbeit kann von negativen Folgen betroffen sein.

Die oben genannte Beeinträchtigung der Schlafqualität und -quantität führt zu vermehrter Müdigkeit und kann sich somit negativ auf die Qualität der Arbeit auswirken. Um den weitreichenden Begriff „Müdigkeit“ einzugrenzen, soll folgende Definition dienen: Müdigkeit ist die Unfähigkeit, aufgrund eines Überschreitens der körperlichen und psychischen Leistungsfähigkeit auf dem optimalen Level zu arbeiten [11], und geht häufig mit erhöhter Reizbarkeit, Erschöpfung und Konzentrationsdefiziten einher [12].

Eine plakative Studie zu diesem Thema wurde 2005 in den USA publiziert. Arnedt et al. verglichen die neurologische und kognitive Leistungsfähigkeit nach einer Nachtschicht mit der Leistungsfähigkeit nach Alkoholkonsum. Diese Ergebnisse zeigten, dass die Verschlechterung der Leistung nach einer Nachtschicht vergleichbar

mit der Beeinträchtigung durch Alkoholisierung mit 0,04‰ bis 0,05‰ Alkohol im Blut war [13]. Dies ist zwar ein interessanter Aspekt, jedoch lassen sich daraus noch keine direkten Konsequenzen auf die Patientenversorgung ableiten. Konkretere Ergebnisse liefern hierzu zwei Studien, die 2004 im „New England Journal of Medicine“ veröffentlicht wurden. Danach machen Ärzte signifikant mehr schwerwiegende medizinische Fehler, wenn sie regelmäßig in 24-Stunden-Schichten arbeiteten, als bei einem verminderten Stundenplan. Das legt nahe, dass ein beträchtlicher Teil der diagnostischen Fehler und Medikationsfehler auf Müdigkeit zurückzuführen sind [14,15]. Zu ähnlichen Ergebnissen kam schon 1971 eine sehr häufig zitierte Studie von Friedman et al., welche zeigte, dass Ärzte mit einer Nacht Schlafentzug, im Vergleich zum ausgeruhten Zustand, signifikant schlechter Arrhythmien in einem standardisierten EKG erkannten. Außerdem war die Stimmung beeinträchtigt - die Ärzte waren trauriger, zeigten weniger Energie und Mitgefühl. Sie berichteten über signifikant mehr psychophysiologische Auffälligkeiten, wie z.B. Gedächtnisdefizite, Depression und Reizbarkeit. Zudem schätzten sie sich selbst kognitiv weniger leistungsstark ein [16].

Mit der Frage, wie sich Schlafentzug auf die Stimmung auswirkt, beschäftigten sich auch die Autoren Samkoff et al. und fertigten dazu eine Studienübersicht an. Nach einer Nacht Schlafentzug zeigte sich meist eine Abnahme der Denkleistung im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Häufig konnte zudem eine Verschlechterung der Stimmung, mehr Depression, Müdigkeit und Angst verzeichnet werden [17].

Ein ähnliches Ergebnis zeigte eine Untersuchung von Medizinern nach einer 32-Stunden-Schicht mit maximal 4,5 Stunden Schlaf. Die Stimmung wurde anhand der POMS-Skala (Profile of Mood State) vor und nach der Schicht gemessen. Es zeigte sich eine signifikante Verschlechterung auf den Skalen für „Spannung/Angst“, „Müdigkeit/Trägheit“, „Kraft/Aktivität“ und „Konfusion/Verwirrung“. Auch der Summenscore war nach der Schicht signifikant niedriger als vorher [18].

Es sollte jedoch hinzugefügt werden, dass Müdigkeit, vor allem im kurzfristigen Setting, neben den aufgeführten negativen Effekten auf Kognition und Stimmung auch gegenteilige Folgen haben kann. Hierzu zählen kurzdauernde Zustände von gesteigerter Konzentrationsfähigkeit und Wachheit sowie Ausgeglichenheit bis hin zu euphorischen Momenten [19].

1.2 Die kognitive Leistungsfähigkeit

Die Qualität der Arbeitsleistung und deren Auswirkung auf die Patientenversorgung lassen sich nicht direkt durch einen einfachen Test messen. Sehr häufig wird in den Studien als Pendant dazu die kognitive Leistungsfähigkeit getestet.

1.2.1 Begriffserklärung

Die kognitive Leistungsfähigkeit besteht aus den Bereichen *Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Denken, Gedächtnis* und *Sprache* [20].

In einem Modell von Posner und Rafal von 1987 werden fünf aufmerksamkeitsbezogene Aspekte, die der kognitiven Leistungsfähigkeit zugrunde liegen, unterschieden. Die *Alertness* bezieht sich auf die physische und psychische Reaktionsbereitschaft, welche in Erwartung eines Reizes kurzfristig gesteigert werden kann. *Selektive Aufmerksamkeit* erlaubt die Bearbeitung eines bestimmten Stimulus unter Ausschaltung anderer Stimuli. Die Komponente *Vigilanz* ermöglicht die willentliche Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum. Die Möglichkeit, mental seinen Aufmerksamkeitsfokus räumlich zu verschieben, wird als *räumliche Aufmerksamkeit* bezeichnet. Die fünfte Komponente aus Posners Modell stellt die *geteilte Aufmerksamkeit* dar. Sie ermöglicht es, auf mehrere, gleichzeitig konkurrierende Stimuli, zu reagieren [21].

1.2.2 Testverfahren zur Untersuchung der kognitiven Leistungsfähigkeit

Für die einzelnen Komponenten der kognitiven Leistungsfähigkeit existieren viele verschiedene multimodale Testverfahren, weshalb sich nahezu jede Studie eines anderen bedient. Tabelle 1 zeigt die Aufmerksamkeits- bzw. müdigkeitsbezogenen Komponenten nach Weeß et al. mit den jeweils geeigneten Testverfahren. Weitere häufig genutzte Testverfahren der kognitiven Leistungsfähigkeit sind beispielsweise der d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test nach Brickenkamp, der Psychomotor Vigilance Task (PVT), Hopkins Verbal Learning Test, der Kaufman Adolescent and Adult Intelligence Test (KAIT) und der Computertest „Wiener Determinationsgerät (WDG)“ [12,13,22–24].

Aufmerksamkeitskomponente	Merkmale	Geeignete Testverfahren
Aktivierung, tonisch	<ul style="list-style-type: none"> • Circadianer Aspekt des allgemeinen Erregungsniveaus, der Wachheit • Unterliegt nicht der bewussten Kontrolle • Der Vigilanz, der selektiven und geteilten Aufmerksamkeit vorausgehend 	<ul style="list-style-type: none"> • Multipler Schlaf-Latenz Test • Maintenance of Wakefulness Test • Flimmerverschmelzungsfrequenz • Pupillographie • LZ-EEG (standardisiert o. mit Tagebuch) • EKP (N100) • Reaktionszeitmessungen
Aktivierung, phasisch	<ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit, das tonische Aktivierungsniveau auf einen kritischen Stimulus hin zu erhöhen 	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktionszeitmessungen mit Warnreiz • EKP (CNV; SN) • TAP
Selektive Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit, unter hohem Tempo, die Aufmerksamkeit über längere Zeiträume, für eine bestimmte Aufgabe aufrecht zu erhalten • Fähigkeit Störreize, Interferenzen und Ablenkungen „auszublenden“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktionszeittests mit hoher zeitl. Anforderung (z. B. FCRT) • Arbeitsleistungsreihe (Wiener Testsystem) • Test „Selektive Aufmerksamkeit“ (TAP)
Geteilte Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung • Fähigkeit zu geteilter und paralleler Informationsverarbeitung • Fähigkeit zu automatisierter und kontrollierter Verarbeitung 	<ul style="list-style-type: none"> • Test „Geteilte Aufmerksamkeit“ (TAP) • Wiener Determinationsgerät
Vigilanz	<ul style="list-style-type: none"> • Unspezifische organismische Reaktionsbereitschaft über lange Zeiträume auf seltene und zufällig auftretende Reize zu reagieren • Unterliegt der bewussten Kontrolle 	<ul style="list-style-type: none"> • Test „Vigilanz“ (TAP) • Vigilanztest nach Quatember und Maly • Vigimar

Tabelle 1: Operationalisierung der einzelnen Aufmerksamkeitskomponenten [7] (EKP = evozierte kognitive Potentiale, CNV = contingent Negative Variation, SN = Selection Negativity, TAP = Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung, FCRT = Four Choice Reaction Time Test)

Die von den Testverfahren gemessenen Parameter sind vielfältig. Eine Großzahl der Tests bedient sich Reaktionszeitmessungen (z.B. Test *Alertness* der TAP, FCRT). Außerdem spielen Fehlererhebungen eine große Rolle zur Untersuchung der kognitiven Leistungsfähigkeit (z.B. Test *Arbeitsgedächtnis* der TAP, d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test nach Brickenkamp). Des Weiteren werden subjektive Fragebogenverfahren wie die Epworth Sleepiness Scale und die Stanford Sleepiness Scale verwendet.

Es existiert eine Vielzahl an Studien, in welchen auf verschiedenste Arten die kognitive Leistungsfähigkeit untersucht wird. Die große Varianz an Untersuchungsverfahren erschwert jedoch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

1.2.3 Auswirkungen von Schlafentzug und Bereitschaftsdienst auf die kognitive Leistungsfähigkeit

Eine Meta-Analyse aus dem Jahr 1992 zeigt, dass spätestens nach 40 Stunden völligen Schlafentzugs immer eine Beeinträchtigung der kognitiven Fähigkeiten zu erkennen ist [25].

Interessanter für die aktuellen Debatten um die Arbeitszeitgesetze im ärztlichen Bereich ist die Frage, ob schon durch normale Bereitschaftsdienste ein negativer

Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit messbar ist. Die Studienlage weist dazu kontroverse Meinungen auf. Während manche Studien keine Defizite der Leistungsfähigkeit nach Bereitschaftsdiensten messen [26,27], zeigen andere das Gegenteil [11,28].

Husby et al. diskutierten in ihrer Studie von 2014, dass schon die Müdigkeit, welche durch lange Schichten, wie z.B. eine 16-Stunden-Tagschicht, hervorgerufen wird, eine Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit mit sich bringen kann. Reaktionszeiten, die nach einem Bereitschaftsdienst gemessen wurden, waren im Vergleich zu den Basis-Messungen verlangsamt. Das deutet darauf hin, dass kognitive Defizite auch ohne Unterbrechung des zirkadianen Rhythmus auftreten könnten. Signifikant schlechtere Testergebnisse bei der Reaktionszeitmessung gegenüber einem Baseline-Wert fanden sich jedoch nur nach einer 18-Stunden-Nachtschicht [29].

Auch bei Halbach et al. fanden sich schlechtere Testscores für die kognitive Funktion nach Bereitschaftsdiensten. Zudem diskutierten sie den nachteiligen Effekt überlanger Arbeitszeiten auf die Sicherheit der Patienten, indem durch die kognitive Beeinträchtigung das Risiko für Fehler und Unfälle bei der medizinischen Versorgung steige [5].

Die Studienrecherche lässt also keine endgültige Aussage zu, inwieweit lange Schichten und Schlafentzug die kognitive Leistungsfähigkeit beeinträchtigen. Auch zu der Frage, welche Teilbereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit von den Auswirkungen eines Nachtdienstes betroffen sind, gibt es keine eindeutigen Ergebnisse.

1.3 Die besondere Stellung der Notfallmedizin

Eine der wenigen Studien, welche die Auswirkung von Nachtarbeit in der besonderen Situation der Notärzte untersucht Studie, wurde 2001 in den Annals of Emergency Medicine veröffentlicht. Die Wissenschaftler fanden heraus, dass bei Notärzten nach einer Serie von fünf aufeinanderfolgenden Nachtschichten eine erhebliche Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit eintritt [24].

Die Notfallmedizin muss aus den folgenden Gründen aus der Summe der medizinischen Fachbereiche gesondert betrachtet werden.

1.3.1 Notfallmedizin als Nebentätigkeit

Schlafmangel durch sehr langandauernde Schichtdienste und schlecht konzipierte Schichtpläne ist gerade in der Notfallmedizin keine Seltenheit.

Der Beruf des Notarztes ist in vielen Teilen Deutschlands, u.a. in Bayern und Baden-Württemberg, eine Nebentätigkeit, die zusätzlich zum Hauptberuf ausgeführt wird. Die Haupttätigkeit ist in vielen Fällen die Arbeit im Krankenhaus, jedoch sind auch niedergelassene Ärzte im Notdienst tätig. Die Mehrheit der Notärzte haben eine Fachweiterbildung in der Anästhesiologie, zwei weitere große Teile stellen Chirurgen und Internisten dar [30].

Laut Aussage der Kassenärztlichen Vereinigung Bayerns überwiegt in Bayern bei Weitem die Organisation des Notarztdienstes als selbständige Tätigkeit. In Abgrenzung hierzu gibt es noch das Modell einer zur Teilnahme am Notarztdienst ermächtigten Klinik, die sich verpflichtet, den Notarztdienst mit ihren angestellten oder beamteten Ärzten, die die erforderlichen Voraussetzungen zur Teilnahme am Notarztdienst erfüllen, zu besetzen. Dies geschieht dann als Dienstaufgabe der Ärzte innerhalb des rechtlichen Rahmens ihres Arbeitsverhältnisses [31].

Das Arbeitszeitgesetz gilt gemäß § 2 Absatz 2 ArbZG ausschließlich für Arbeitnehmer und somit nicht für selbständig tätige Notärzte. Für die Einhaltung ausreichender Ruhezeiten, um seine nebenberufliche Notarztstätigkeit wie auch seine Haupttätigkeit (z.B. als angestellter Arzt in der Klinik) ausüben zu können, ist der Notarzt als Freiberufler selbst verantwortlich [31].

In der heutigen Zeit wird Ärzten aufgrund eines allgemeinen Ärztemangels und weiteren z.B. wirtschaftlichen Faktoren mitunter ein hohes Maß an zeitlicher Flexibilität in Bezug auf Dienstpläne und Arbeitszeiten abverlangt.

So kann der Fall eintreten, dass sich ein 12-Stunden-Nachtdienst als Notarzt an einen normalen Arbeitstag in einer Klinik anschließt, was eine Gesamtarbeitszeit von 24 Stunden oder mehr zur Folge hat. Regelungen bzw. Verordnungen, welche diese Situationen unterbinden, können sich ggf. aus dem Beschäftigungsverhältnis des Arztes, z.B. aus dem Tarifvertrag, dem Arbeitsvertrag oder der Nebentätigkeitsgenehmigung, ergeben.

Für eine verlässlichere Dienstplanung an den kommunalen Krankenhäusern konnte der Marburger Bund in den Tarifverhandlungen für das Jahr 2020 Änderungen erzielen. Vom 1. Januar 2020 an ist der Arbeitgeber verpflichtet, die Rufbereitschafts- und Bereitschaftsdienste spätestens einen Monat vorher mittels Dienstplans anzuzeigen [32].

Trotz verbesserter Umstände liegt die Einhaltung von ausreichenden Regenerationszeiten in Bayern derzeit noch in der Eigenverantwortung der Notärzte. Daher sollte die Notfallmedizin in der Diskussion über die psychischen und kognitiven Auswirkungen von Nachtdiensten besonders genau betrachtet werden.

1.3.2 Arbeitsbelastung in der Notfallmedizin

Eine weitere Besonderheit dieses medizinischen Fachbereichs stellt die hohe Arbeitsbelastung dar. Die besonderen Herausforderungen des Notarztdienstes werden in einem Artikel der Zeitschrift *Notfall+Rettungsmedizin* erörtert [33].

Was das Patientenspektrum in der Notfallmedizin betrifft, stellen Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems mit 37,5 % die größte Gruppe dar, gefolgt von neurologischen Erkrankungen mit 19,1 %. Häufigstes einzelnes präklinisches Krankheitsbild ist das akute Koronarsyndrom mit 13 %, zweithäufigstes mit 10 % der akute Schlaganfall [33]. Laut dem *Statistischen Bundesamt* belegt der akute Myokardinfarkt im Jahr 2014 den zweiten Platz in der Liste der 10 häufigsten Todesursachen Deutschlands [34]. So handelt es sich um ernstzunehmende Erkrankungen und potenziell lebensbedrohliche Situationen, mit welchen die Notärzte konfrontiert sind.

Von schwierigem Patientengut abgesehen, stellt auch die Arbeit als Notarzt an sich eine Herausforderung dar. Demnach ist eine wichtige Anforderung an den Notarzt das eigenständige Handeln. In Extremsituationen kann nicht auf kollegiale Unterstützung oder die Hilfe eines Oberarztes zurückgegriffen werden. Außerdem kann der Arzt nicht, wie in der Klinik üblich, bei Fragestellungen, deren Beantwortung spezielles Fachwissen erfordert, ein Konsil stellen.

Des Weiteren muss ein Notarzt Führungsqualität besitzen und im Einsatz das Rettungsfachpersonal mit fachlicher sowie sozialer Kompetenz anleiten. Gerade der luftgebundene Rettungsdienst wird oft zu Polytraumen gerufen. Hierbei ist Durchsetzungsvermögen gefordert, da häufig viele verschiedene Hilfsdienste mit an der Unfallstelle beteiligt sind. [33].

Neben eigenständigem Handeln müssen Entscheidungen zur Patientenversorgung meist schnell und ohne Kenntnis der Vorerkrankungen getroffen werden. Zudem muss unter extremen und schwierigen örtlichen Bedingungen gearbeitet werden, wie z.B. die Versorgungen von in Autos eingeklemmten Patienten.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Notärzte so häufig wie keine andere Berufsgruppe mit Extremsituationen konfrontiert sind. Solche Ereignisse sind jedoch unvorhersehbar und können mehrmals innerhalb eines Nachtdienstes auftreten, oder auch komplett ausbleiben. Auch der Schweregrad der Einsätze ist sehr variabel und kann sich von einer einfachen Synkope bis zum Polytrauma erstrecken.

Die Variabilität der Arbeitslast während des Nachtdienstes kennzeichnet die Arbeit als Notarzt. Dies führt zu der Frage, inwieweit die kognitive Leistungsfähigkeit nach einem Nachtdienst abhängig von der Arbeitslast ist. Zu diesem Thema fehlen Studien, die gerade die besondere Situation der Notärzte genauer untersuchen.

1.4 Forschungsfragen

Diese Tatsache führt zu der Kernfrage, inwieweit ein Nachtdienst in der Notfallmedizin Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die Stimmung hat.

Ziel unserer Studie ist es, Daten zu bestimmten Bereichen der kognitiven Leistungsfähigkeit sowie zur Stimmung und Gefühlslage von Notärzten nach einem Nachtdienst zu sammeln, um diese dann mit den Daten nach einer dienstfreien Nacht zu vergleichen. Dabei soll außerdem der Einfluss des Arbeitsaufkommens im Dienst geprüft werden. Im Folgenden wird die dienstfreie Nacht auch als „ausgeruhte“ Nacht benannt. Inwieweit das eine sinnvolle Bezeichnung ist, wird im Diskussionsteil näher erörtert.

Folgende Fragestellungen sollen untersucht werden.

Hauptforschungsfrage

Gibt es Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit und der Stimmung von Notärzten nach einem Nachtdienst im Gegensatz zu einer ausgeruhten Nacht?

Untergeordnete Fragestellungen

1. Ist die kognitive Leistungsfähigkeit niedriger nach einem Nachtdienst als nach einer ausgeruhten Nacht?
2. Gibt es einen Einfluss von bestimmten Faktoren (z.B. Arbeitsaufkommen des Nachtdienstes, Alter) auf den Unterschied der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen Nachtdienst und ausgeruht?
3. Ist die Stimmung nach einem Nachtdienst schlechter als nach einer ausgeruhten Nacht?
4. Gibt es einen Einfluss von bestimmten Faktoren (z.B. Arbeitsaufkommen des Nachtdienstes, Alter) auf den Unterschied der Stimmung zwischen Nachtdienst und ausgeruht?

2 Material und Methoden

In unsere Studie, welche im Zeitraum vom 19.02.2015 bis 22.09.2016 an der Universitätsklinik Regensburg durchgeführt wurde, konnten wir nach Zustimmung der Ethikkommission insgesamt 37 Teilnehmer aufnehmen.

2.1 Probanden

Die Probanden setzten sich aus freiwilligen Teilnehmern der Notärzte der Uniklinik Regensburg zusammen. Nach schriftlicher Aufklärung und Einwilligung wurden 37 von insgesamt 56 aktiven Notärzten des Universitätsklinikums Regensburg in die Studie eingeschlossen.

Mit einem Drop-out von sieben Probanden, welche im Laufe der Studie z.B. aufgrund von Jobwechsel und Schwangerschaft ausschieden, konnten von 30 Probanden die Daten komplett erfasst werden.

Davon waren fünf weiblich und 25 männlich. Das Alter der Teilnehmer erstreckte sich von 29 Jahren bis 57 Jahren, der Durchschnitt lag bei 38 Jahren. Die Probanden konnten durchschnittlich neun Jahre Berufserfahrung als Notarzt vorweisen, wobei das Minimum bei einem Jahr und das Maximum bei 30 Jahren lag. Im Durchschnitt hatten die Ärzte drei Notarztschichten pro Monat. Die Mehrzahl der Notärzte war aus der Anästhesie, drei kamen aus dem Fachbereich Chirurgie. Elf Notärzte befanden sich noch in der Weiterbildung, 19 hatten Fach-/Oberarztstatus.

2.2 Aufbau des Notarztdienstes am Universitätsklinikum Regensburg

Der Notarztdienst am Universitätsklinikum Regensburg ist in zwei Bereiche aufgeteilt. Zum einen gibt es den luftgebundenen Standort, zum anderen den bodengebundenen Standort „Regensburg Süd“. Sie sind zum Teil unterschiedlich organisiert.

Am Boden-Standort gibt es zwei verschiedene Dienste, den Tagdienst von 07:00 Uhr bis 19:00 Uhr und den Nachtdienst von 19:00 Uhr bis 07:00 Uhr des nächsten Tages. Somit erstrecken sich beide Dienste über 12 Stunden. Am Hubschrauber-Standort dauert ein Dienst 24 Stunden, die Übergabe findet immer um 19:00 Uhr statt.

Da für beide Gruppen der (Nacht-)Dienst um 19:00 Uhr beginnt und somit gleiche Ausgangsbedingungen gegeben sind, konnten wir sowohl luftgebundene als auch bodengebundene Notärzte in unsere Studie miteinbeziehen.

Alle Notärzte bleiben die ganze Schicht über am Notarztstandort, wo Ihnen Bereitschaftszimmer zum Schlafen zur Verfügung stehen.

2.3 Testdurchführung

Jeder Proband wurde zweimal getestet, zum einen nach einem Nachtdienst als Notarzt und zum anderen nach einer dienstfreien Nacht. Beide Testungen setzen sich aus drei Komponenten zusammen: Fragebogen zur Erfassung demografischer Daten und Arbeitsaufkommen, Stimmungstest (PANAS = „Positive and Negative Affect Schedule“) und die Untersuchung der kognitiven Fähigkeiten (TAP = Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung). Zur Durchführung der Testung wurde mit den Notärzten zuvor ein Termin vereinbart. Als Ort sollte im Bestfall ein ruhiger Raum in der Universitätsklinik Regensburg dienen. Aus organisatorischen Gründen musste in Einzelfällen die Testung bei den Notärzten zu Hause durchgeführt werden. Hier wurde darauf geachtet, dass während des Termins möglichst keine Störungen die Aufmerksamkeit der Probanden beeinträchtigen konnten. Um bei der Auswertung den Einfluss eines Lerneffekts bei dem zweiten Termin zu umgehen, wurden ca. 50 % der Probanden zuerst nach einem Nachtdienst und anschließend nach einer dienstfreien Nacht getestet, und 50 % in umgekehrter Reihenfolge. Außerdem wurde darauf geachtet, dass zwischen dem ersten und dem zweiten Termin mindestens zehn Tage lagen. Meist war diese Zeitspanne jedoch viel größer, da sich die Terminfindung mit den Notärzten teilweise schwierig gestaltete. Zur Vereinfachung der Auswertung, wird daher der potenzielle Einflussfaktor *Reihenfolge der Testungen* und in diesem Zuge ein potenzieller Lerneffekt als kontrolliert gewertet.

Bei dem ersten Termin wurden die Probanden anhand eines Aufklärungsbogens über die Studie informiert, und die Anonymität ihrer Daten garantiert. Außerdem mussten die Notärzte eine Einverständniserklärung unterschreiben, um an der Studie teilzunehmen. Bei jeder Testung wurde zuerst der Fragebogen ausgehändigt, danach der Stimmungstest und als letztes die Aufmerksamkeitstests am Computer aus der TAP durchgeführt. Diese enthalten standardisierte Anleitungen zur Testdurchführung, welche die Teilnehmer vor jedem Test in Ruhe durchlesen konnten. Zum besseren Verständnis wurden zu einigen Tests mündlich vom Testleiter weitere Erklärungen gegeben. Insgesamt dauerte eine Testung mit allen drei Komponenten 35 bis 40 Minuten.

Zur Vereinfachung soll in unserer Arbeit die Testung nach Nachtdienst auch als „Nachtdienst-Testung“ und die Testung nach einer dienstfreien Nacht auch als „ausgeruhte Testung“ bezeichnet werden.

2.4 Fragebogen

Zur Erfassung weiterer Informationen der Probanden, wurde jeweils ein Fragebogen für die Testung nach Nachtdienst (Anhang 1) und für die ausgeruhte Testung (Anhang 2) erstellt. Diese sammeln zum einen allgemeine Informationen (z.B. Alter, Berufserfahrung als Notarzt, Fachrichtung, Art der Beschäftigung usw.). Zum anderen werden auch spezielle Informationen zum Nachtdienst, bzw. der dienstfreien Nacht (z.B. Anzahl der Einsätze, Anzahl der Stunden Schlaf, Tätigkeit am Tag davor usw.), welche als äußere Einflussgrößen betrachtet werden, erfasst. Zudem werden innere Einflussgrößen, wie die subjektive Einschätzung des aktuellen kognitiven Zustands und der Wachheit, bzw. die subjektive Empfindung des Dienstes erfragt.

Die inneren Einflussgrößen werden zum Teil anhand visueller Analogskalen erfasst. Um die Auswertung zu erleichtern, werden diese in fünf Abschnitte aufgeteilt, wodurch eine Bewertung mit der Punktzahl 1 (= *sehr wenig leistungsfähig*, bzw. *sehr wenig stressig* usw.) bis 5 (= *sehr leistungsfähig*, bzw. *sehr stressig*) erreicht wird. Um die subjektive Einschätzung des Wachheitsgrades abzufragen, werden den Probanden fünf Kategorien zur Auswahl gestellt, die für die Auswertung mit den Punkten 1 bis 5 durchnummeriert werden: 1 = *sehr müde, große Probleme, wach zu bleiben*; 2 = *müde, aber kein Problem wach zu bleiben*; 3 = *weder wach noch müde*; 4 = *wach*; 5 = *sehr wach*.

2.5 Die PANAS-Skala

Die PANAS (= „Positive and Negative Affect Schedule“) (Anhang 3) ist ein psychologisches Testinstrument in Form eines Fragebogens. Wir benutzen in unserer Studie die deutsche Adaptation der amerikanischen Originalversion, die 1988 von Watson et al. entwickelt wurde [35]. Dieses Testinstrument stellt eine zweifaktorielle Struktur dar, welche sich aus zwei unabhängig voneinander variierenden Dimensionen zusammensetzt: *Positiver Affekt* und *Negativer Affekt*. Der Fragebogen besteht aus zwei Emotionsskalen á zehn Einzelbegriffen (siehe Tabelle 2). Eine Skala bildet die Dimension *Positiver Affekt* (PA) ab und beinhaltet folgende Adjektive: *aktiv, interessiert, freudig erregt, stark, angeregt, stolz, begeistert, wach, entschlossen, aufmerksam*. Die zweite Skala erfasst die Dimension *Negativer Affekt* (NA) und setzt sich im Einzelnen aus den folgenden Begriffen zusammen: *bekümmert, verärgert, schuldig, erschrocken, feindselig, stolz, gereizt, beschämt, nervös, durcheinander, ängstlich*. Die Begriffe stammen aus einer Hauptkomponentenanalyse der Emotionscheckliste von Zevon und Tellegen [36,37]. Die Probanden sind aufgefordert, hinter jedem Wort die Intensität anzugeben, mit der sie die genannte Empfindung in diesem Moment erleben. Hierbei haben sie die Möglichkeit zwischen fünf Abstufungen zu wählen: *ganz wenig oder gar nicht, ein bisschen, einigermaßen, erheblich, äußerst*.

Nr.	Deutsch	Englisch	Dimension
1	aktiv	active	PA
2	bekümmert	distressed	NA
3	interessiert	interested	PA
4	freudig erregt	excited	PA
5	verärgert	upset	NA
6	stark	strong	PA
7	schuldig	guilty	NA
8	erschrocken	scared	NA
9	feindselig	hostile	NA
10	angeregt	inspired	PA
11	stolz	proud	PA
12	gereizt	irritable	NA
13	begeistert	enthusiastic	PA
14	beschämt	ashamed	NA
15	wach	alert	PA
16	nervös	nervous	NA
17	entschlossen	determined	PA
18	aufmerksam	attentive	PA
19	durcheinander	jittery	NA
20	ängstlich	afraid	NA

Tabelle 2: Items der PANAS (PA= Positiver Affekt, NA= Negativer Affekt)

Bei der Auswertung werden diesen fünf Abstufungen die Punkte 1 für *ganz wenig* bis 5 für *äußerst* zugeordnet. Daraus wird der Mittelwert aus der Punktesumme der positiven Emotionen gebildet, welcher den positiven Affekt abbildet, sowie der Mittelwert aus der Punktesumme der negativen Emotionen, welcher den negativen Affekt abbildet. Die minimale Punktzahl beträgt somit für beide Skalen 10 und die höchste Punktzahl 50. Eine hohe Punktzahl im positiven Affekt bedeutet, dass die Testperson viele positive Emotionen verspürt, während eine hohe Punktzahl im negativen Affekt bedeutet, dass die Testperson eine hohe Anzahl an negativen Emotionen verspürt [38].

2.5.1 Gütekriterien

Breyer und Bluemke stellen die deutsche Version der PANAS im GESIS-Panel aus dem Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften vor und erörtern in ihrer Arbeit unter anderem die Gütekriterien, welche im Folgenden aufgeführt werden [39].

Reliabilität

Die Skalenreliabilität nach Raykova ρ beträgt für *Positiver Affekt* 0,93 und für *Negativer Affekt* ebenfalls 0,93.

Validität

Eine hohe inhaltliche Validität kann für die deutsche Version der PANAS angenommen werden, wofür sowohl die Zweifaktorenstruktur spricht als auch die faktorenanalytische Konstruktion. Bei der Zuordnung der Items zu den beiden Faktoren wurden aus einem umfangreichen Itempool diejenigen Items ausgewählt, die besonders hoch auf die Faktoren *Positiver Affekt* oder *Negativer Affekt* luden.

Laut der Autoren Breyer und Bluemke wurde durch viele Studien die Konstruktvalidität bestätigt. Es zeigen sich positive Zusammenhänge von *Positiver Affekt* mit Lebenszufriedenheit und Glück. Für *Negativer Affekt* zeigen sich entsprechend negative Korrelationen mit Lebenszufriedenheit und Glück [39].

Objektivität

Die Durchführungsobjektivität ist gegeben, da die PANAS-Skala eine standardisierte schriftliche Testerklärung enthält, und von den Probanden ohne weitere Erklärungen eines Testleiters beantwortet werden kann. Die Auswertungsobjektivität ist ebenfalls gegeben, da die Ergebnisse eine oben genannte, standardisierte Mittelwertbildung der Punktesumme darstellen. Somit sind die Ergebnisse unabhängig davon, wer den Versuch auswertet.

2.6 Die TAP

Der Hauptteil dieser Studie war die Testung der neurokognitiven Leistungsfähigkeit der Notärzte anhand der TAP (= Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung, Psytest, Herzogenrath, Deutschland). In unserem Falle handelt es sich um die Version 2.3, welche 2014 als neue Auflage veröffentlicht wurde. Bei der TAP handelt es sich um ein computergestütztes, aus der Neuropsychologie stammendes Untersuchungsinstrument für verschiedene Aufmerksamkeits-, Konzentrations- und Gedächtnisfunktionen. Die TAP ist ein gut etabliertes, normiertes Testsystem, welches zur Untersuchung grundlegender, sowie auch komplexerer, kognitiver Funktionen des menschlichen Gehirns entwickelt wurde [40]. Sehr verbreitet ist die TAP für die Messung von neuropsychologischer Leistung bei neurologischen Patienten. In zahlreichen Studien wurde die Validität der Testung bei degenerativen Erkrankungen und Erbkrankheiten, sowie bei Schädigungen nach Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma bestätigt [41]. Auch bei Studien mit ADHS-Kindern wurde die TAP eingesetzt [42]. Doch auch bei gesunden Menschen, beispielsweise in der Forschung zu Schlafmangel und Arbeitsfähigkeit, wird die TAP standardmäßig verwendet [12,43]. Sie ist ein gängiges Untersuchungsverfahren zur Diagnostik müdigkeits- und schläfrigkeitsbezogener Einschränkungen [12].

Die Hardware der TAP besteht aus einem Dongle (Kopierschutzstecker), einer Installations-CD und zwei Reaktionstasten (Taste 1 und Taste 2), welche per USB-Anschluss an den PC angeschlossen werden. Die Beantwortung der kritischen Reize erfolgt durch Tastendruck auf eine der beiden Tasten, je nach Vorgabe aus der Testanleitung, welche am Beginn jedes Tests erscheint.

Zu jedem Test stellt das Programm einen Vortest zur Verfügung, der zum besseren Verständnis durchgeführt werden kann. Die Instruktionen reichen jedoch meist aus, somit haben wir nur bei einem Test (*Flexibilität*) den Vortest durchführen lassen.

2.6.1 Gütekriterien

Zu den Hauptgütekriterien eines Untersuchungs- oder Testverfahrens werden die Objektivität, die Reliabilität und die Validität gezählt.

Objektivität

Die Objektivität wird in der Literatur verschieden definiert, oft jedoch wird darunter der Aspekt der Auswerter-Übereinstimmung verstanden, d. h. inwieweit das Testergebnis sich unabhängig vom Auswerter beeinflusst darstellt [48].

Eine hohe Durchführungsobjektivität ist dadurch gegeben, dass alle Testdurchführungen mit standardisierten Bildschirm-Instruktionen erfolgen. Die Ergebnisse werden automatisch und damit objektiv von dem Programm selbst ausgewertet.

Reliabilität

Die Reliabilität eines Untersuchungsverfahrens beschreibt die Genauigkeit, mit der ein Untersuchungsverfahren misst, unabhängig davon, was gemessen wird. Sie wird in der Regel durch Reliabilitätskoeffizienten zahlenmäßig dargestellt. Es existieren verschiedene Methoden, wie z. B. Split-Half-Reliabilität oder Odd-Even-Reliabilität, zur Bestimmung der Genauigkeit eines Untersuchungsverfahrens [12].

Bei Reaktionszeittests werden die Split-Half- bzw. die Odd-Even-Reliabilität als geeignete Reliabilitätsmaße angesehen. Laut Handbuch ist bei den Tests der TAP die Odd-Even-Reliabilität besser geeignet [41]. Hierzu werden zu jedem Untertest die Koeffizienten der Reaktionszeit, Fehlreaktionen, und/oder Auslassungen aufgeführt.

Bei der TAP lässt sich feststellen, dass die Reliabilitäten der Geschwindigkeitsmaße meist höher als die Werte der Fehlreaktionen und Auslassungen sind, siehe Tabelle 3. Die Reliabilität kann jedoch auch insgesamt als hoch bewertet werden [12].

TAP-Tests	Odd-Even-Reliabilitäts-Koeffizient
Alertness	
Median der RZ – ohne Warnton	0,982
Median der RZ – mit Warnton	0,974
Arbeitsgedächtnis	
Fehlreaktionen	0,885
Auslassungen	0,742
Flexibilität	
Median der RZ	0,985
Fehlreaktionen	0,752
Geteilte Aufmerksamkeit	
Auslassungen	0,914
Inkompatibilität	
Fehler	0,854

Tabelle 3: Odd-Even-Reliabilitäten der TAP-Tests [1]

Validität

Die Validität eines Tests gibt den Grad der Genauigkeit an, mit dem ein Untersuchungsverfahren misst, was es beansprucht zu messen [12,49].

Primär lässt sich die Validität der Tests schon durch Beobachtung und Feedback der Probanden feststellen, welche fast ausnahmslos angaben, dass für die Bearbeitung der Tests ein hohes Maß an Konzentrationsfähigkeit erforderlich ist. Die Validität wurde für das Gesamtprogramm der TAP mittels Faktorenanalyse bestimmt und die Mehrdimensionalität der Testbatterie anhand der Faktorenanalyse bestätigt [12].

2.6.2 TAP-Tests

Die TAP beinhaltet eine Vielzahl an Tests, welche die verschiedenen Teilbereiche der Aufmerksamkeit und Kognition untersuchen. Wir haben wir uns für folgende Tests aus der Batterie entschieden:

Alertness, Arbeitsgedächtnis, Flexibilität, geteilte Aufmerksamkeit, Inkompatibilität.

Die Durchführung aller fünf Tests dauert pro Versuchsperson ca. 30 min. Dies erschien uns als oberste Grenze der Zeitdauer, die wir den Notärzten nach einem Nachtdienst zumuten wollten.

Alertness

Die Definition des Begriffs *Alertness* liefert das Handbuch der TAP und beschreibt diesen als „allgemeinen Wachzustand“ [41]. Die *Alertness* kann außerdem in drei Teilaspekte untergliedert werden, welche durch den Test gut differenziert werden können: Die *tonische*, *phasische* und *intrinsische Alertness*.

Der oben genannte allgemeine Wachzustand kommt in der *tonischen Alertness* zum Ausdruck. Dagegen bezeichnet die *phasische Alertness* eine „erhöhte Reaktionsbereitschaft in Erwartung eines erwarteten Ereignisses.“ [41]. Unter dem dritten Teilbereich, der *intrinsischen Alertness*, versteht man die Aufrechterhaltung der Reaktionsbereitschaft über einen längeren Zeitraum.

Testaufgabe

Der Test *Alertness* besteht aus vier hintereinander folgenden Teilaufgaben im ABBA-Schema.

Teil A ist eine einfache Reaktionszeitmessung, bei der der Proband so schnell wie möglich einen Tastendruck betätigen soll, sobald ein Kreuz auf dem Bildschirm erscheint.

Teil B unterscheidet sich von Teil A durch einen Hinweisreiz vor jedem kritischen Reiz, in Form eines Warntons. Wie oben genannt, wird dadurch die *phasische Alertness* getestet.

Jeder der vier Durchgänge beinhaltet 20 Zielreize mit variierenden Intervallen.

Interpretation

In die Auswertung werden hier die Mittelwerte der Reaktionszeiten beider Teilaufgaben miteinbezogen.

Arbeitsgedächtnis

Für die Definition des Begriffs *Arbeitsgedächtnis* verweist das Handbuch der TAP auf die Autoren Baddeley & Hitch, welche das *Arbeitsgedächtnis* als System sehen, welches notwendige Informationen für die Lösung von komplexen Problemen bereitstellt und die Bearbeitung von mehrstufigen Aufgaben oder von Teilaspekten einer Situation, um sich ein Gesamtbild zu verschaffen, ermöglicht [44] in [41].

Wenn Müdigkeit, z.B. in Folge eines Nachdienstes mit vielen Einsätzen, zu Beeinträchtigungen des *Arbeitsgedächtnisses* führt, kann sich dies negativ auf die

Fähigkeit, sich an gegebene Situationen anzupassen, auswirken. Außerdem können Einschränkungen bei der Bewältigung von Problemen auftreten, was schwerwiegende Folgen für den Patienten haben kann. Ein weiterer wichtiger Aspekt des *Arbeitsgedächtnisses* scheint die Kontrolle des Aufmerksamkeitsfokus zu sein [45]. Hier konnte nachgewiesen werden, „dass bei hoher Auslastung des *Arbeitsgedächtnisses* die Ablenkbarkeit durch irrelevante Informationen zunimmt“ [41]. Irrelevante Informationen zu erkennen und auszublenden stellt jedoch eine zentrale Aufgabe des Arztes dar. Daher ist es von Bedeutung, zu prüfen, inwieweit das *Arbeitsgedächtnis* als Teilaspekt der kognitiven Fähigkeiten durch Müdigkeit bei den Notärzten beeinträchtigt ist.

Testaufgabe

Den Probanden werden über eine Dauer von fünf Minuten in kurzer Abfolge einstellige Zahlen dargeboten. Ziel ist es, zu erkennen, wenn die dargebotene Zahl auf dem Bildschirm mit der vorletzten gezeigten Zahl übereinstimmt. Der Test wird in der höchsten Schwierigkeitsstufe durchgeführt. Hierbei wird ein hohes Maß an Aufmerksamkeitskontrolle benötigt, da der kritische Reiz durch die vorangehenden Reize immer neu definiert wird.

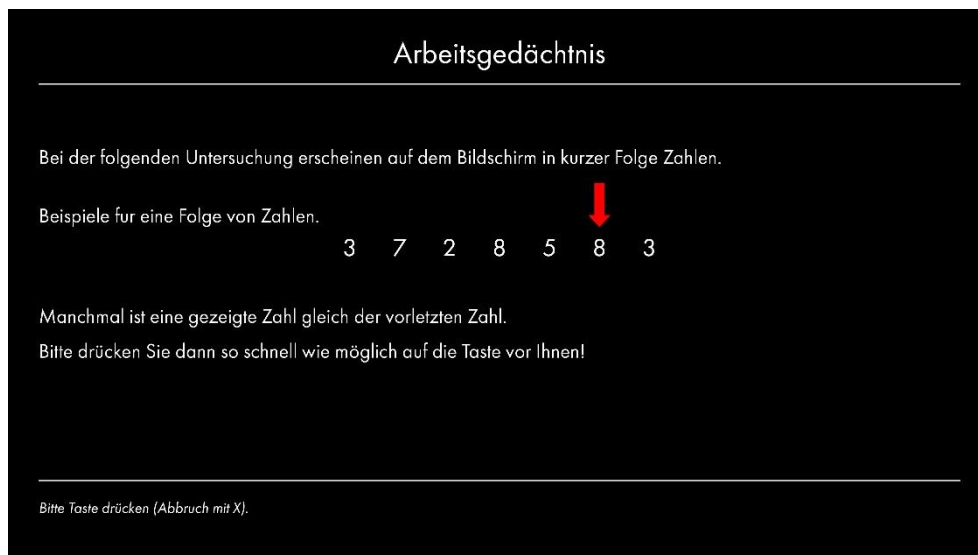


Abbildung 1: Die Instruktionssseite des Untertests "Arbeitsgedächtnis - Schwierigkeitsstufe 3" der TAP 2.3 [41]
→ Der rote Pfeil markiert den Zielreiz.

Interpretation

Leistungsparameter für diesen Test sind vor allem die Anzahl der ausgelassenen kritischen Reize, da diese auf eine mangelnde Kontrolle des Informationsflusses hinweisen. [41]. Außerdem zeigt sich der Grad der Unaufmerksamkeit in der Anzahl der Fehler. Beide Parameter werden für einen Gesamtwert addiert.

Flexibilität

Der Test *Flexibilität* untersucht die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit ständig auf neue, relevante Ausschnitte der Situation auszurichten und flexibel zwischen Aufgaben und Instruktionen hin- und her zu wechseln. Gerade im ärztlichen Alltag ist es sehr wichtig, die einzelnen Arbeitsschritte immer wieder an veränderte Situationen anzupassen, wie beispielsweise ansteigende Entzündungswerte oder neu aufgetretene Symptome, die nicht zur erwarteten Diagnose passen. Zusammenfassend schreibt das Handbuch der TAP, dass eine flexible Ausrichtung des Aufmerksamkeitsfokus eine wichtige Voraussetzung für situationsangemessenes Verhalten ist [41].

Testaufgabe

Dieser Test lässt sich mit verschiedenen Zielreizen und Schwierigkeitsniveaus durchführen. Für diese Studie wurden die komplexen Bedingungen gewählt. Die Testbeschreibung dazu wird als „Wechsel, nonverbal“ bezeichnet. Hierbei werden rechts und links von der Bildschirmmitte gleichzeitig eine eckige und eine runde Form gezeigt. Der Zielreiz wechselt bei jedem neu gezeigten Formenpaar zwischen „eckig“ und „rund“. Dabei steht die Reaktionstaste 1 für „Zielreiz liegt auf der linken Seite“ und Reaktionstaste 2 für „Zielreiz liegt auf der rechten Seite“.

Der Test umfasst 100 Trials und dauert ca. vier Minuten. Aufgrund der komplizierten Testinstruktionen des Programms, welche bei den Probanden oft zu Missverständnis führten, entschlossen wir uns hier, zuerst den Vortest durchführen zu lassen.

Interpretation

In diesem Test spielen die zwei Parameter Genauigkeit und Geschwindigkeit gleichermaßen eine Rolle. Daher müssen zur Beurteilung der Leistung sowohl die Fehlerzahl als auch die mittlere Reaktionszeit betrachtet werden. Dazu berechnet das Programm automatisch einen Index für die Gesamtleistung, bei dessen Bestimmung unter anderem der Median der Reaktionszeit, als auch die Anzahl der Fehler miteinfließen. Hierbei bedeutet ein hoch negativer Wert eine unterdurchschnittliche

Gesamtleistung (hohe Fehlerrate und/oder langsame Reaktionen). Im Gegensatz dazu steht ein hoch positiver Wert für eine überdurchschnittliche Gesamtleistung (wenig Fehler, schnelle Reaktionen).

Geteilte Aufmerksamkeit

Dieser Test bezieht sich auf eine Aufmerksamkeitsleistung, die gerade bei der Tätigkeit als Arzt eine große Rolle spielt: Mehrere Anforderungen gleichzeitig zu bewältigen. Mehrere Aspekte gleichzeitig im Auge zu behalten, erfordert die Fähigkeit zur Teilung der Aufmerksamkeit auf simultan ablaufende Prozesse. Dieser Teilbereich der kognitiven Fähigkeit spielt gerade in der Anästhesie bei der Arbeit im OP eine wichtige Rolle. Hierbei wird von den Ärzten verlangt, ihre Konzentration gleichermaßen auf auditive Reize, z.B. das Piepen des Herzschlags, und visuelle Reize, z.B. die EKG-Kurve, zu richten. Da in unserer Studie ein Großteil der Notärzte aus dem Fachbereich Anästhesie kommen und die Arbeit im OP direkt nach einem Nachtdienst keine Seltenheit darstellt, ist es sehr interessant, inwieweit die *Geteilte Aufmerksamkeit* durch akute Müdigkeit beeinträchtigt wird.

Testaufgabe

Dieser Test stellt die Probanden vor die Aufgabe parallel visuelle und auditive Aufgaben zu bearbeiten.

1. Visuelle Aufgabe: In der Mitte des Bildschirms werden Reize dargeboten. Insgesamt gibt es vier verschiedene Reize: ein liegendes „S“, ein liegendes, gespiegeltes „S“, „01“ und „10“. Die beiden Zielreize sind die „01“ und „10“. Diese Reize erscheinen in einem festen Rhythmus.

2. Auditive Aufgabe: Parallel zu den visuellen Reizen werden, meist abwechselnd und in variierenden Intervallen, ein hoher und ein tiefer Ton eingespielt. Ziel ist es, zu erkennen, wenn einer der Töne zweimal hintereinander ertönt. Die auditiven Reize werden in einem asynchronen Rhythmus zum Wechsel der visuellen Reize dargeboten.

Die Durchführungszeit dieses Untertests beträgt sechs Minuten und enthält insgesamt 175 visuelle und 287 auditive Reize, mit je 20 kritischen Reizen.

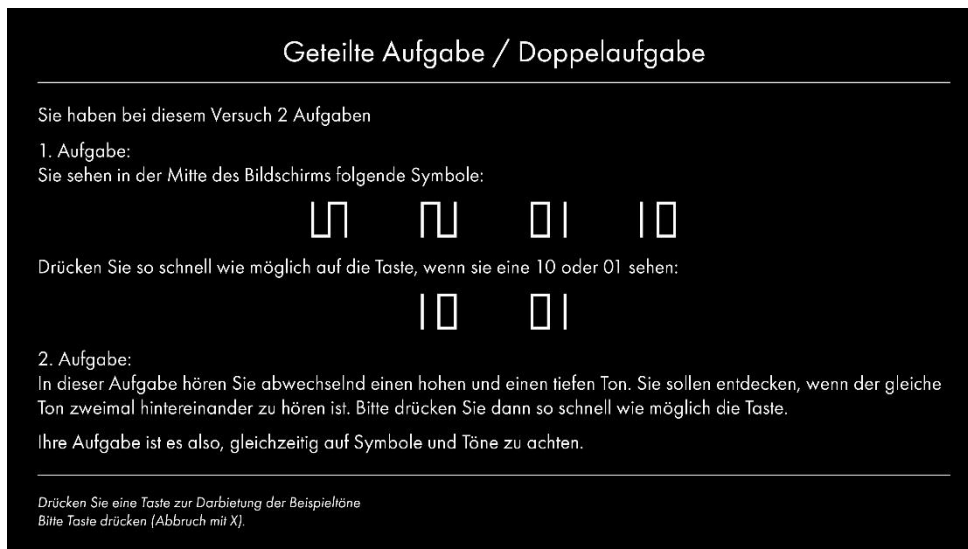


Abbildung 2: Die Instruktionssseite des Untertests "Geteilte Aufmerksamkeit" der TAP 2.3 [1]

Interpretation

Auch hier gibt es zwei Arten des Testversagens. Zum einen werden die Auslassungen erfasst, zum anderen die Fehler. Das Kriterium, das für die Interpretation der *Geteilten Aufmerksamkeit* entscheidend ist, ist die Anzahl verpasster Signale, die mit der Aufmerksamkeitsteilung korrelieren. Hohe Auslassraten stehen hierbei für ein starkes Defizit in der genannten Aufmerksamkeitskapazität. Die Reaktionszeiten spielen eine untergeordnete Rolle [46].

Inkompatibilität

In Konfliktsituationen kann es zu einem kognitiven Zustand kommen, der als *Inkompatibilität* bezeichnet wird. Dieser entsteht, wenn „verschiedene Reizinformationen parallel verarbeitet werden und dabei eine Interferenz zwischen verschiedenen Reaktionstendenzen ausgelöst wird.“ [41].

Bei diesem Untertest wird der Simon-Effekt genutzt. Dabei wird im rechten oder linken Gesichtsfeld ein Hinweis gegeben, mit welcher Hand eine Reaktion ausgeführt werden soll. Wenn die Situation eintritt, dass ein rechts liegender Hinweis eine Antwort auf der linken Seite auslösen soll (oder umgekehrt), entsteht ein Konflikt.

Testaufgabe

Oben genanntes Szenario wird im Test anhand von Pfeilen als Hinweisreize, die rechts, bzw. links eines mittigen Fixationspunktes liegen, nachgebildet. Diese erscheinen nur sehr kurz (100 ms), sodass die Probanden sehr schnell reagieren müssen. Zeigt der Pfeil nach rechts, muss die Taste 2 betätigt werden, zeigt er nach

links, die Taste 1. Stimmt die Lage des Pfeils nicht mit seiner Richtung überein, handelt es sich um eine inkompatible Reizbedingung.

Die Durchführungszeit dieses Tests beträgt drei Minuten.

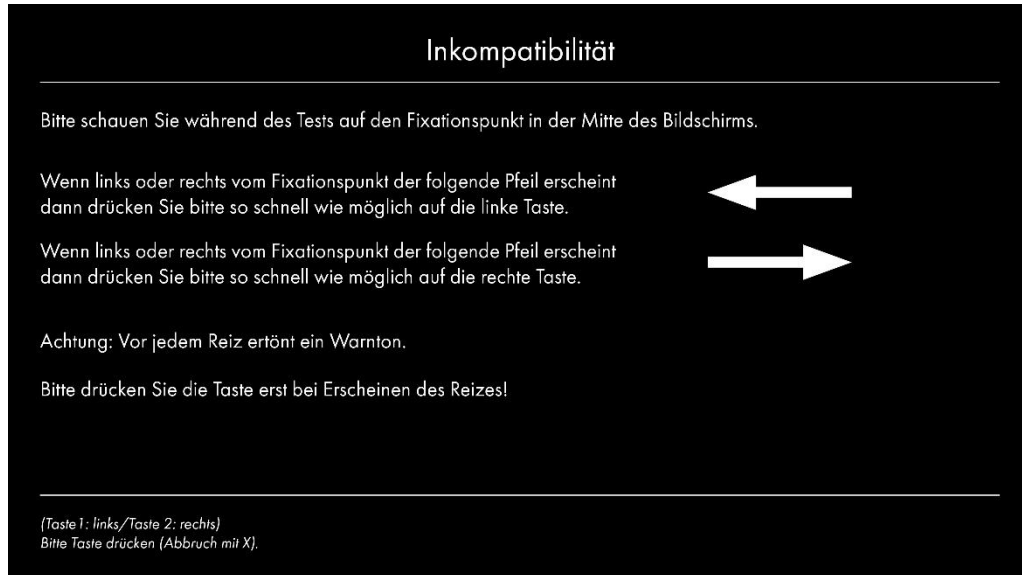


Abbildung 3: Die Instruktionssseite des Untertests "Inkompatibilität" der TAP 2.3 [41]

Interpretation

Durch Erfassung der Reaktionszeit und der Fehleranzahl wird die Fähigkeit zur Fokussierung der Aufmerksamkeit getestet. Dies beinhaltet, inwieweit irrelevante oder automatisch verarbeitete Reizaspekte unterdrückt werden können [47].

2.6.3 Testparameter

Um die statistische Auswertung in einem sinnvollen Rahmen zu halten, wurden aus den 261 Variablen, welche für die oben erläuterten fünf Tests vom Programm im SPSS-Format ausgegeben werden, die folgenden Variablen (Tabelle 4) ausgewählt. Diese Testparameter bilden unserer Meinung nach am besten die kognitive Leistungsfähigkeit ab.

Test	Testparameter	Kennungen
Alertness	Mittelwert der RZ ohne Warnsignal in ms Mittelwert der RZ mit Warnsignal in ms	<i>Alertness_Reaktionszeit</i> <i>Alertness_Reaktionszeit+WS</i>
Arbeitsgedächtnis	Fehler Auslassungen	<i>Arbeitsgedächtnis_Fehler</i> <i>Arbeitsgedächtnis_Auslassungen</i>
Flexibilität	Fehler Mittelwert der RZ in ms Index Gesamtleistung	<i>Flexibilität_Fehler</i> <i>Flexibilität_Reaktionszeit</i> <i>Flexibilität_Gesamtleistung</i>
Geteilte Aufmerksamkeit	Auslassungen Fehler	<i>Geteilte</i> <i>Aufmerksamkeit_Auslassungen</i> <i>Geteilte Aufmerksamkeit_Fehler</i>
Inkompatibilität	Fehler Mittelwert der RZ in ms	<i>Inkompatibilität_Fehler</i> <i>Inkompatibilität_Reaktionszeit</i>

Tabelle 4: Wichtige Testparameter für die Interpretation der Ergebnisse (RZ= Reaktionszeit)

Um die Anzahl der Variablen weiter einzuschränken, wurde der folgende Parameter (Tabelle 5) zusätzlich berechnet:

Test	Testparameter	Kennungen
Arbeitsgedächtnis	Fehler + Auslassungen	<i>Arbeitsgedächtnis_Summe(Auslassungen+Fehler)</i>

Tabelle 5: Zusätzlich berechneter Testparameter

2.6.4 Testwiederholungen und Übungseffekt

In ihrer Studie zur Reliabilität und Retest-Stabilität der TAP bei Kindern führten Földényi et al. -Untersuchungen zu Übungseffekten durch [50]. Unter den Tests, die wir für unsere Studie ausgewählt haben, zeigte sich nur bei dem Test *Arbeitsgedächtnis*, genauer bei den Auslassungen, und bei dem Test *Inkompatibilität*, bei den Fehlreaktionen, ein Lerneffekt.

Bühner et al. untersuchten den Test *Geteilte Aufmerksamkeit* auf testwiederholungsbedingte Übungseffekte. Beim dritten Durchgang ergab sich ein prozentualer Übungsgewinn von nur 0,51 %, beim vierten Durchgang waren es 2,86 % [51].

Wie bereits im Kapitel 2.3 beschrieben, soll durch unser Studienmodell eine testwiederholungs-bedingte Verfälschung der Ergebnisse vermieden werden.

2.7 Statistische Analyse

Die statistische Auswertung erfolgt anhand des Programmes „IBM SPSS Statistics 22“ und „IBM SPSS Statistics 23“.

Die Normalverteilung der Variablen wird durch Inspektion der Histogramme und Shapiro-Wilk-Test beurteilt. Zur Vereinheitlichung werden bei allen Daten Mittelwerte angegeben.

Zunächst werden die Daten aus den Fragebögen ausgewertet und auf einen Unterschied zwischen ausgeruhter Testung und Nachtdienst-Testung geprüft. Je nachdem, ob Normalverteilung vorliegt, wird der gepaarte T-Test genutzt, oder, bei fehlender Normalverteilung, der Wilcoxon-Test.

Danach werden die PANAS-Skalen und die Ergebnisse der TAP deskriptiv ausgewertet, sowie mittels gepaartem T-Test auf einen Unterschied zwischen ausgeruhter Testung und Nachtdienst-Testung untersucht. Zur Vereinheitlichung der Darstellung wird dieser Test auch bei nicht normalverteilten Variablen verwendet, da Simulationsstudien gezeigt haben, dass der gepaarte t-Test relativ robust gegenüber Verletzungen der Normalverteilungsannahme ist [52].

Zur Berechnung der Zusammenhänge und Abhängigkeiten der TAP- und PANAS-Ergebnisse mit inneren und äußeren Einflussgrößen werden die Differenz-Werte zwischen ausgeruhter Testung und Nachtdienst-Testung genutzt. Dadurch wird getestet, ob der Nachtdienst-bedingte Unterschied der Stimmung bzw. kognitiver Leistung von bestimmten Faktoren abhängt, bzw. ein Zusammenhang existiert. Metrische und pseudo-metrische Variablen, wie *Alter*, *Anzahl der Einsätze* und *subjektive Empfindung des Nachtdienstes* werden als unabhängige Variablen mittels Regressionsanalyse untersucht. Bei nicht-normalverteilten Variablen werden Zusammenhänge mittels Rangkorrelationsanalyse nach Spearman untersucht. Dichotome Variablen, wie *letzte Aktivität vor dem Nachtdienst* und *Einnahme von Koffein im Nachtdienst* werden mittels T-Test für unabhängige Stichproben, bzw. Mann-Whitney-U-Test bei fehlender Normalverteilung ausgewertet.

Bei allen Tests liegt das Signifikanzniveau bei 0,05.

3 Darstellung der Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Fragebögen

3.1.1 Unterbrechungen des Schlafs während des Nachtdienstes

Bei mehr als der Hälfte der Notärzte wurden der Schlaf während des Nachtdienstes nicht unterbrochen. Die höchste Anzahl der Unterbrechungen des Schlafs im Nachtdienst betrug drei.

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
Unterbrechungen 0	17	56,7%	56,7 %
1	8	26,7%	83,3%
2	3	10,0%	93,3%
3	2	6,7%	100,0
Gesamt	30	100,0%	

Tabelle 6: Anzahl Unterbrechungen des Schlafes

3.1.2 Einsätze während des Nachtdienstes

In der folgenden Tabelle ist die Anzahl der Einsätze während des Nachtdienstes dargestellt. Sie zeigt, dass über die Hälfte der Ärzte kleiner gleich drei Einsätze in der Nacht hatten.

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
Anzahl der Einsätze im Nachtdienst 1	8	26,7%	26,7%
2	2	6,7%	33,3%
3	8	26,7%	60,0%
4	5	16,7%	76,0%
6	5	16,7%	93,3%
7	1	3,3%	96,7%
8	1	3,3%	100,0%
Gesamt	30	100,0%	

Tabelle 7: Anzahl der Einsätze im Nachtdienst

3.1.3 Letzte Aktivität vor dem Nachtdienst

Bei der Frage, was die Notärzte direkt vor ihrem Nachtdienst gemacht haben, konnte zwischen den drei Punkten „Freizeit“, „Arbeit“ und „Schlaf“ gewählt werden. Da nur zwei Probanden den Punkt „Schlaf“ wählten, wird die Option „Schlaf“ in der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Diese wird zu der Gruppe „Freizeit“ hinzugezählt. 16 Notärzte gaben an, dass sie vor dem Nachtdienst gearbeitet haben, 14 hatten vor ihrem Dienst Freizeit.

3.1.4 Subjektive Empfindung des Dienstes

Mit Hilfe einer visuellen Analogskala sollten die Ärzte angeben, als wie stressig sie den Nachtdienst empfunden haben. Wie folgendes Diagramm zeigt, empfanden über die Hälfte der Notärzte (ca. 67%) ihren Dienst als *sehr wenig* oder *wenig* stressig.

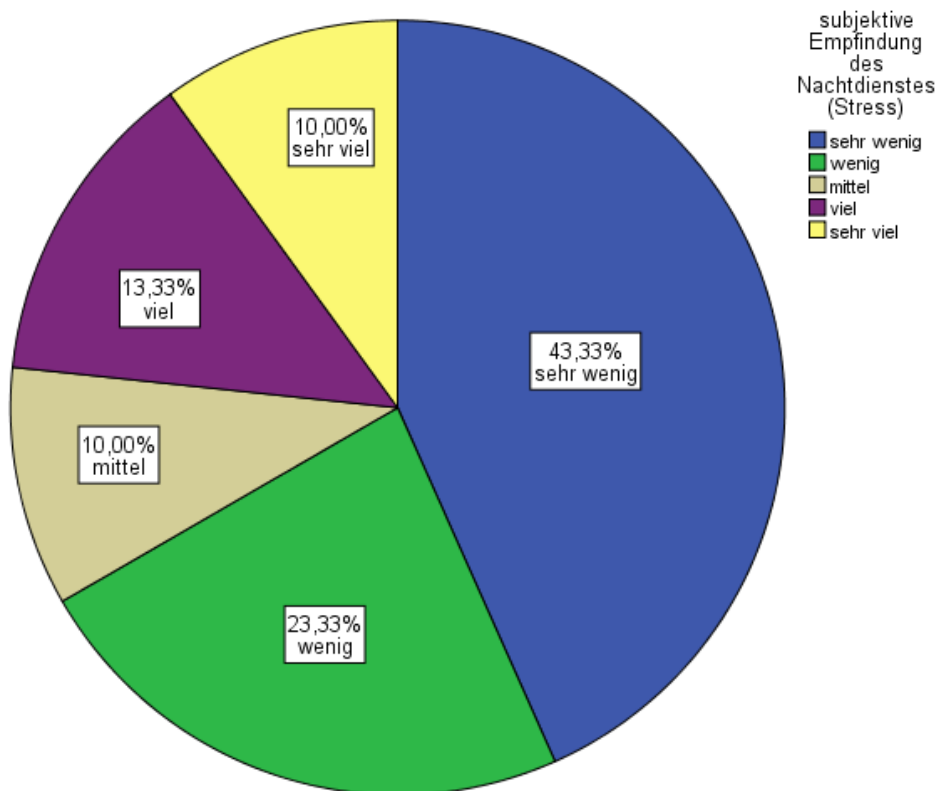


Abbildung 4: Kreisdiagramm „Subjektive Empfindung des Dienstes“ – Über die Hälfte der Probanden empfanden ihren Dienst als „sehr wenig“ oder „wenig“ stressig.

3.2 Vergleich der Fragebögen

3.2.1 Reihenfolge und zeitlicher Abstand der Testungen

Bei 14 Probanden wurde zuerst die ausgeruhte Testung und dann die Testung nach Nachtdienst, bei 16 Probanden wurden die Untersuchungen in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt. Im Durchschnitt lagen zwischen den Testungen 118 Tage, wobei das Minimum 10 Tage und das Maximum 491 Tage betrug.

3.2.2 Einnahme von Koffein

63% der Notärzte konsumierten Koffein während des Nachtdienstes und somit bis zu 12 Stunden vor der Testung. 83% der Ärzte konsumierten Koffein 12 Stunden im Vorfeld der ausgeruhten Testung. Dieser Unterschied ist nicht statistisch signifikant.

3.2.3 Schlaf

Im Durchschnitt lagen die Notärzte während ihres Nachtdienstes nach eigenen Angaben 4,6 Stunden im Bett und schliefen 3,9 Stunden. In der dienstfreien Nacht betrug die durchschnittliche Zeit im Bett 7,3 Stunden, wovon 6,8 Stunden geschlafen wurde. Die Notärzte schliefen im Nachtdienst signifikant weniger als in der Nacht ohne Nachtdienst ($p < 0,001$, $t = -7,656$).

3.2.4 Subjektive Einschätzung der kognitiven Fähigkeiten

Die kognitiven Fähigkeiten Leistungsfähigkeit, Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeit wurden nach Nachtdienst signifikant schlechter eingeschätzt als ausgeruht ($p < 0,001$).

	Nach Nachtdienst	Ausgeruht	Differenz	Signifikanz
Leistungsfähigkeit	2,9	4,2	1,3	$P < 0,001$
Konzentrationsfähigkeit	2,5	4,2	2,2	$P < 0,001$
Aufmerksamkeit	2,5	4,2	2,2	$P < 0,001$

Tabelle 8: Mittelwerte und Signifikanz der subjektiven Einschätzung der kognitiven Leistungsfähigkeit (max. Punktzahl = 5)

Da die drei Bereiche sehr stark miteinander korrelieren, wird im Folgenden nur noch die subjektive Einschätzung der Leistungsfähigkeit betrachtet (s. Abbildung 5, Abbildung 6, Abbildung 7, je $p < 0,001$; Korrelationskoeffizient nach Spearman=0,75; bzw. 0,8; bzw. 0,82).

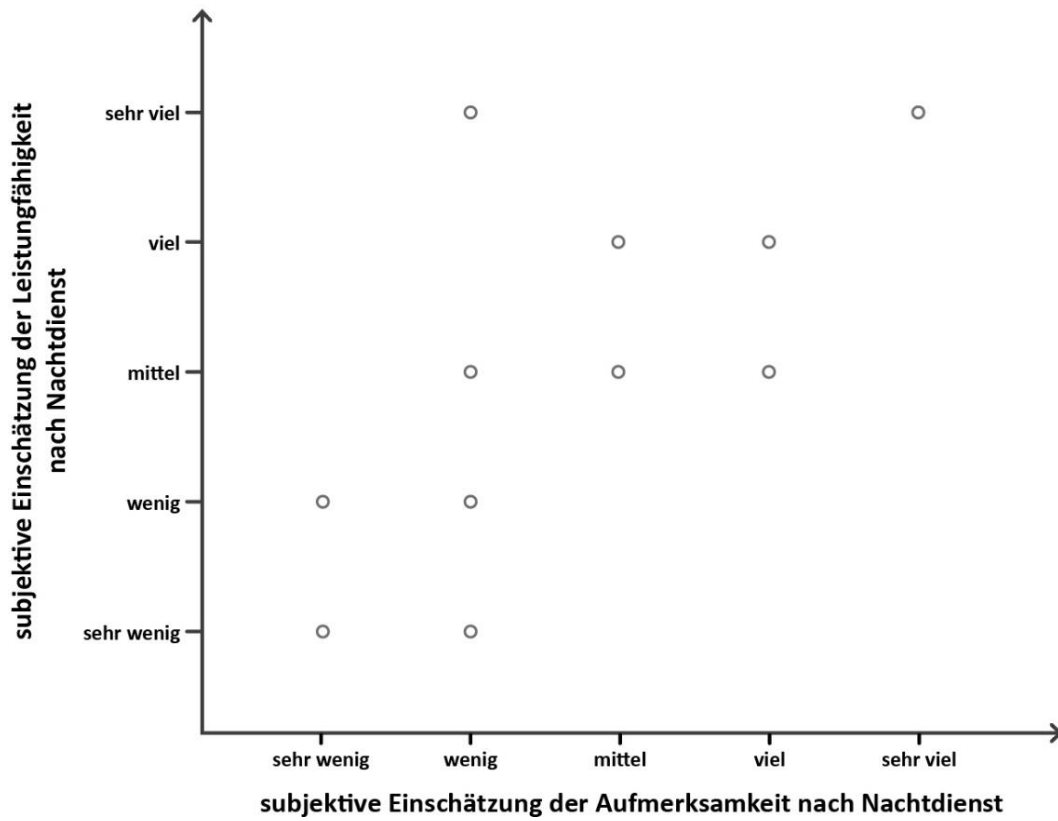


Abbildung 5: Es zeigte sich eine hohe Korrelation zwischen der subjektiven Einschätzung der Leistungsfähigkeit und der Aufmerksamkeit.

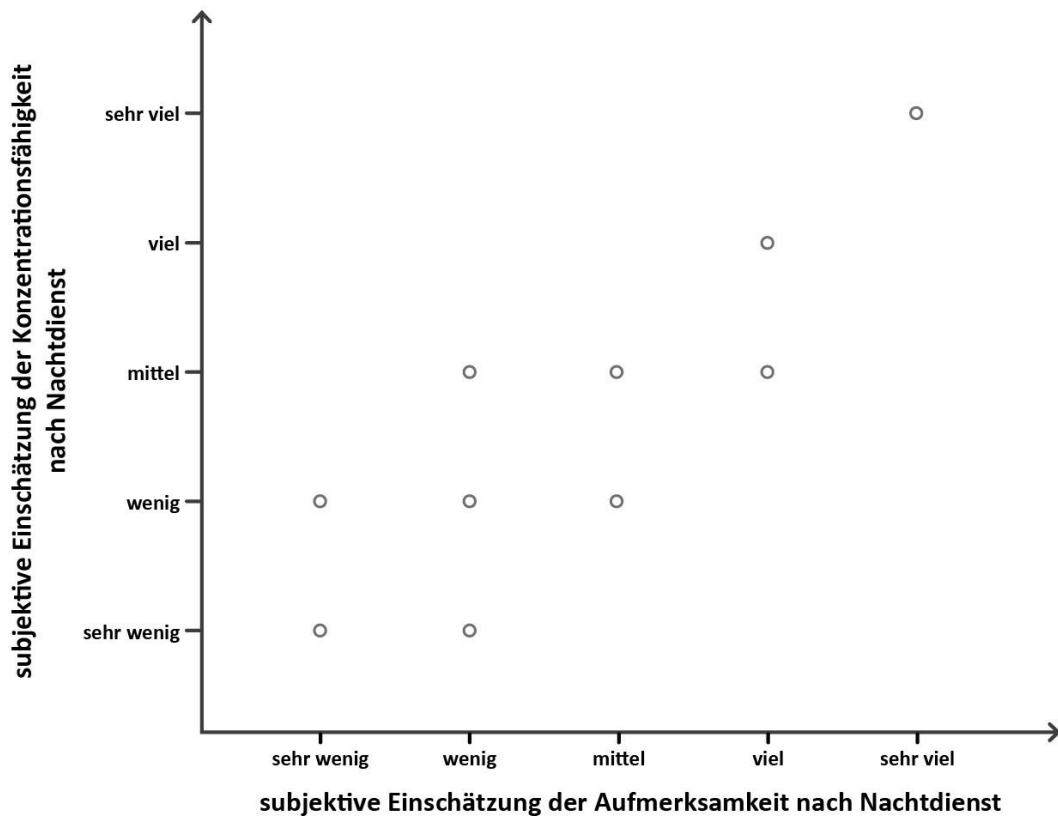


Abbildung 6: Es zeigte sich eine hohe Korrelation zwischen der subjektiven Einschätzung der Konzentrationsfähigkeit und der Aufmerksamkeit.

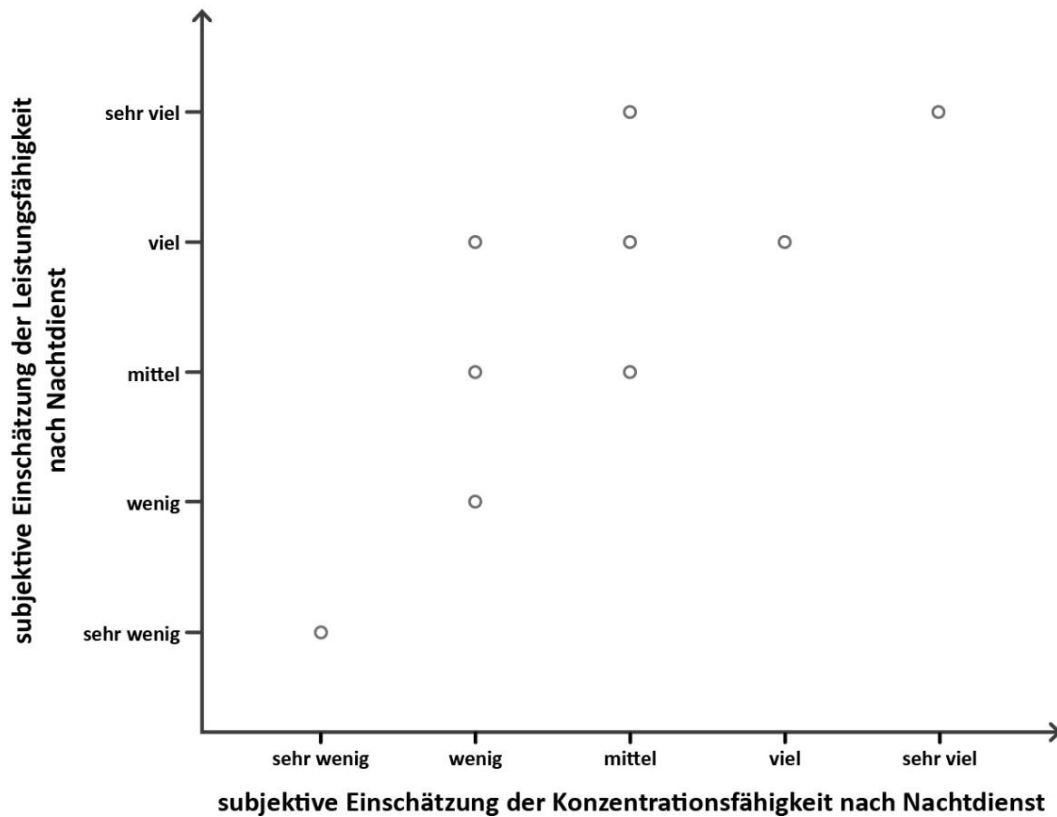


Abbildung 7: Es zeigte sich eine hohe Korrelation zwischen der subjektiven Einschätzung der Leistungsfähigkeit und der Konzentrationsfähigkeit.

3.2.5 Subjektive Einschätzung des Wachheitsgrades

Die Notärzte bewerteten ihren Wachheitsgrad im Median nach dem Nachtdienst mit zwei ("müde, aber kein Problem, wach zu bleiben") und ohne Nachtdienst mit vier ("wach"). Der Wachheitsgrad wurde nach Nachtdienst signifikant niedriger eingeschätzt als ausgeruht ($p < 0,001$).

3.3 Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen

Die Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen werden mithilfe von Korrelations- bzw. Regressionsanalyse untersucht.

Zwischen der Anzahl von Einsätzen und der subjektiven Empfindung des Nachtdienstes zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang mit einem Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman von 0,46 ($p = 0,01$).

Die Einsatzzahl korreliert außerdem signifikant mit der Schlaf-Gesamtzeit während des Nachtdienstes ($r = -0,49$, $p = 0,006$).

Die subjektive Empfindung des Nachtdienstes hängt signifikant mit der subjektiven Einschätzung der Leistungsfähigkeit nach Nachtdienst zusammen ($r = -0,64$, $p < 0,001$).

Anhand einer Regressionsanalyse soll eine Kausalitätskette erstellt werden. Nach visueller Inspektion der Histogramme und Residuenplots sind die Voraussetzungen gegeben. Es werden die folgenden Zusammenhänge gefunden.

Die Anzahl der Einsätze beeinflusst signifikant die Schlaf-Gesamtzeit ($p = 0,009$, korrigiertes $R^2 = 0,189$). In Abbildung 8 erkennt man, dass mit steigender Anzahl der Einsätze die Schlaf-Gesamtzeit sinkt.

Die Schlaf-Gesamtzeit beeinflusst wiederum signifikant die Empfindung des Dienstes ($p < 0,001$, korrigiertes $R^2 = 0,385$) mit einem starken Effekt nach Cohen ($f = 0,79$). Abbildung 9 zeigt, dass, je höher die Schlaf-Gesamtzeit während des Nachtdienstes war, desto weniger stressig wurde der Dienst von den Notärzten empfunden.

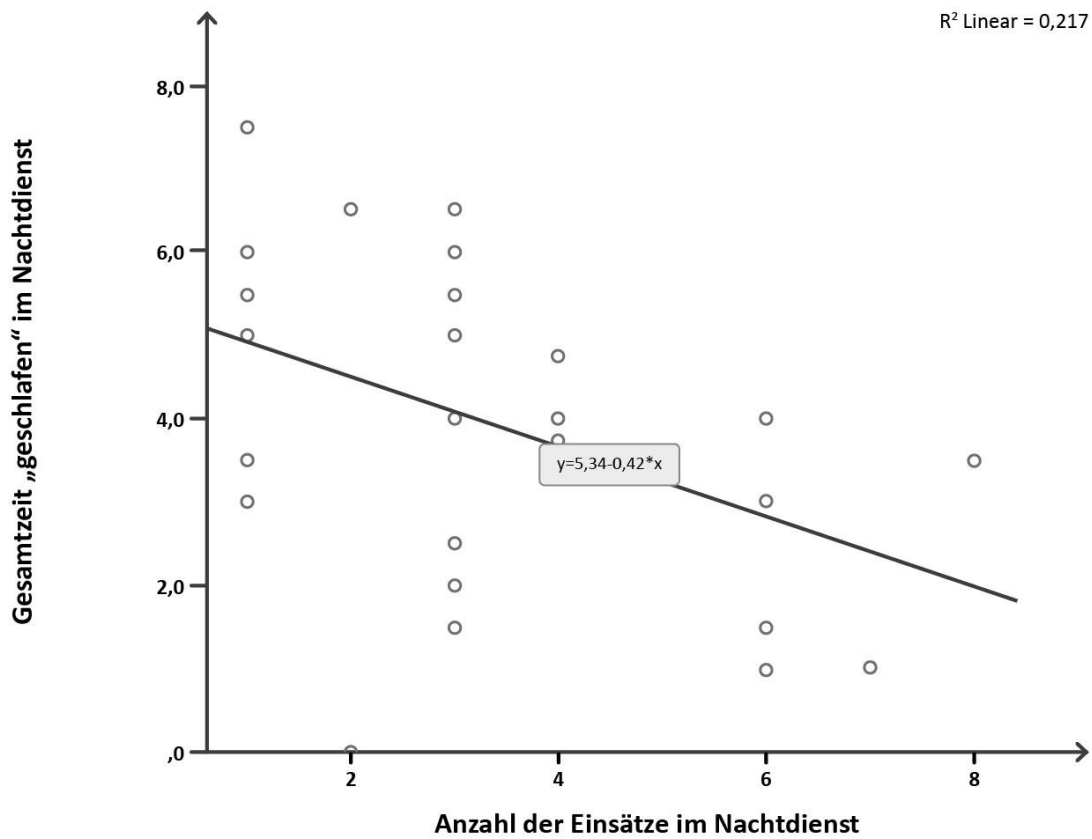


Abbildung 8: Regression Anzahl_Einsätze und Schlaf-Gesamtzeit
 Je mehr Einsätze im Nachtdienst waren, desto weniger Schlaf hatten die Probanden.

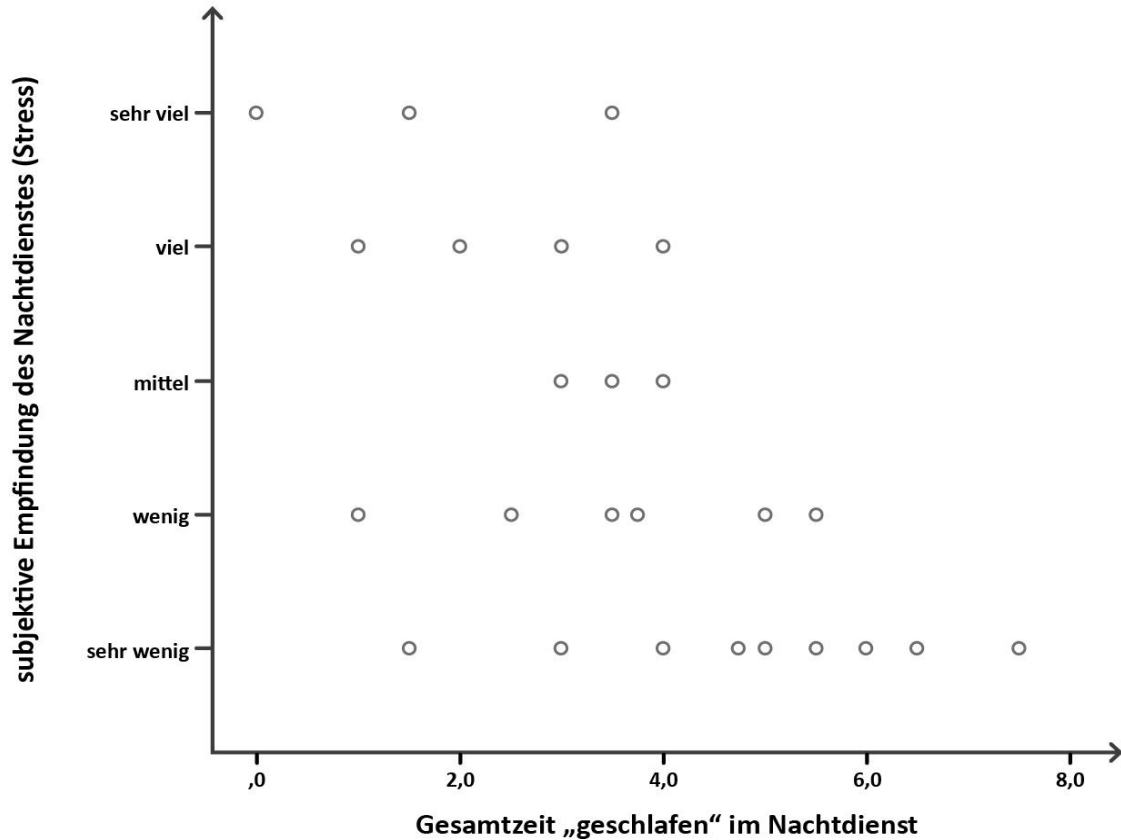


Abbildung 9: Regression Schlaf-Gesamtzeit und subjektive Empfindung des Nachtdienstes
 Je weniger Schlaf die Probanden hatten, desto stressiger empfanden sie den Dienst.

3.4 Auswertung der PANAS

Die Verteilungsanalyse der beiden Skalen zeigt, dass bei der Skala „Positiver Affekt“ zu beiden Untersuchungen (*PANAS_Pos_ausgeruht* und *PANAS_Pos_Nacht*) eine Normalverteilung der erhobenen Daten angenommen werden kann, während bei der Skala „Negativer Affekt“ bei beiden Untersuchungen eine Normalverteilung ausgeschlossen werden muss. Die Variablen *PANAS_Neg_ausgeruht* und *PANAS_Neg_Nacht* werden demnach anhand des Wilcoxon-Tests ausgewertet.

3.4.1 Vergleich PANAS „nach Nachtdienst“ versus „ausgeruht“

Die Notärzte hatten im ausgeruhten Zustand einen durchschnittlichen *positiven Affekt* von 28,6. Nach dem Nachtdienst wurde im Mittel ein *positiver Affekt* von 21,6 gemessen. Die Notärzte erreichten nach dem Nachtdienst einen signifikant niedrigeren *positiven Affekt* ($t(29) = 4,42$; $p < 0,001$).

Im ausgeruhten Zustand hatten die Notärzte im Durchschnitt einen *negativen Affekt* von 11,1 Punkten, nach dem Nachtdienst betrug die Punktzahl 12,2. Damit hatten die Notärzte einen um ca. 1,1 Punkte höheren *negativen Affekt* nach dem Nachtdienst, was jedoch das Signifikanzniveau knapp verfehlt ($z = -1,69$; $p = 0,091$).

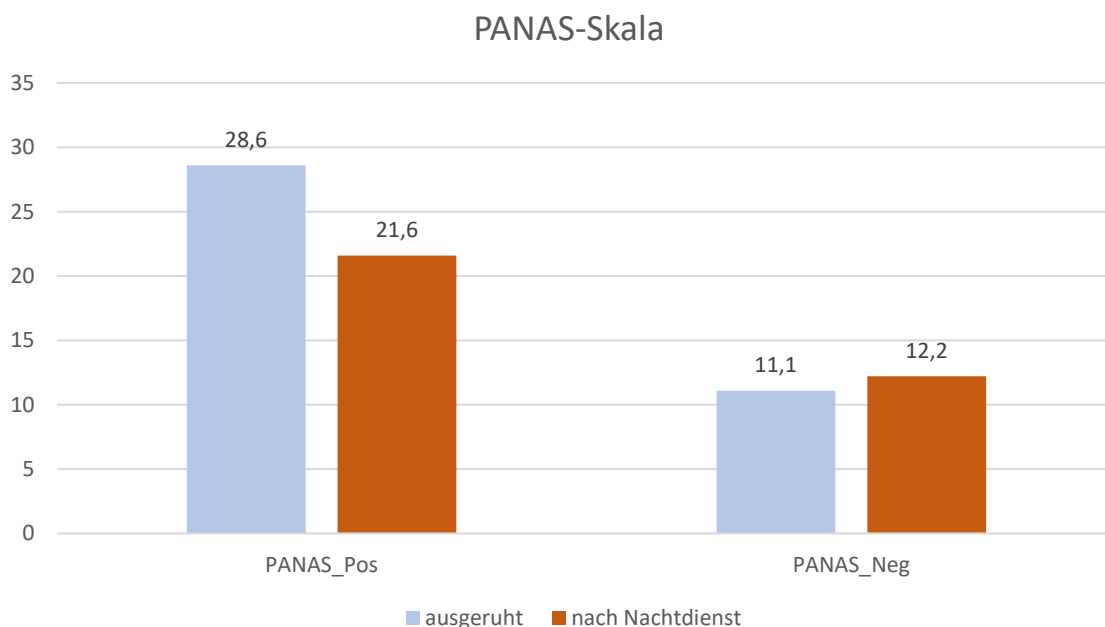


Abbildung 10: Auswertung positiver und negativer Affekt (Min=10 Punkte, Max=50 Punkte)
Nach dem Nachtdienst empfanden die Notärzte signifikant weniger positive Emotionen als im ausgeruhten Zustand.

3.4.2 Einflussgrößen auf die Ergebnisse der PANAS

Es wurde untersucht, welche äußeren und inneren Faktoren die Stimmung nach dem Nachtdienst bedingen.

Positiver Affekt

Mittels Regressionsanalysen und ungepaartem T-Test wurden Einflussgrößen auf den *positiven Affekt* nach Nachtdienst (*PANAS_Pos_Nacht*) und auf die Nachtdienstbedingte Differenz des *positiven Affekts* ($PANAS_Pos_Diff = PANAS_Pos_ausgeruht - PANAS_Pos_Nacht$) gesucht. Die Regressionsanalysen wurden mit den abhängigen Variablen *PANAS_Pos_Nacht* und *PANAS_Pos_Diff* durchgeführt. Nacheinander wurde die einfache lineare Regression mit folgenden unabhängigen Variablen durchgeführt:

- *Alter*
- *Berufserfahrung* (Berufserfahrung als Notarzt in Jahren)
- *Nacht_Einsätze* (Anzahl der Einsätze im Nachtdienst)
- *Nacht_Zeit_Schlaf* (Gesamtzeit Schlaf im Nachtdienst)
- *Nacht_Unterbrechungen* (Anzahl der Unterbrechungen des Schlafes im Nachtdienst)
- *Zeit_Schlaf_Diff* (Differenz der Stunden Schlaf zwischen ausgeruht und Nachtdienst-Testung)
- *Nacht_Empfindung_Dienst* (Subjektive Empfindung des Nachtdienstes)

Außerdem wurden die abhängigen Variablen *PANAS_Pos_Nacht* und *PANAS_Pos_Diff* auf Gruppenunterschiede für die folgenden Faktoren anhand des ungepaarten t-Tests untersucht:

- *Nacht_letzte_Aktivität* (Letzte Aktivität vor dem Nachtdienst: Arbeit / Freizeit)
- *Nacht Koffein* (Einnahme von Koffein im Nachtdienst: ja / nein)
- *Weiterbildungsstatus* (Assistenzarzt / Facharzt)
- *Geschlecht* (männlich / weiblich)

Als Prädiktoren für *PANAS_Pos_Nacht* wurden folgende Variablen gefunden: *Nacht_Zeit_Schlaf*, *Nacht_Empfindung_Dienst* und *Nacht_Koffein*.

Die Menge des Schlafs während dem Nachtdienst beeinflusst signifikant den *positiven Affekt* nach dem Nachtdienst ($F(1,28) = 4,732$; $p=0,038$). Die Effektstärke entspricht mit $f = 0,36$ einem mittleren Effekt (korr. $R^2 = 0,114$). Je länger die Ärzte im Nachtdienst schlafen konnten, desto höher war ihr *positiver Affekt* nach dem Nachtdienst (vgl. Abbildung 11).

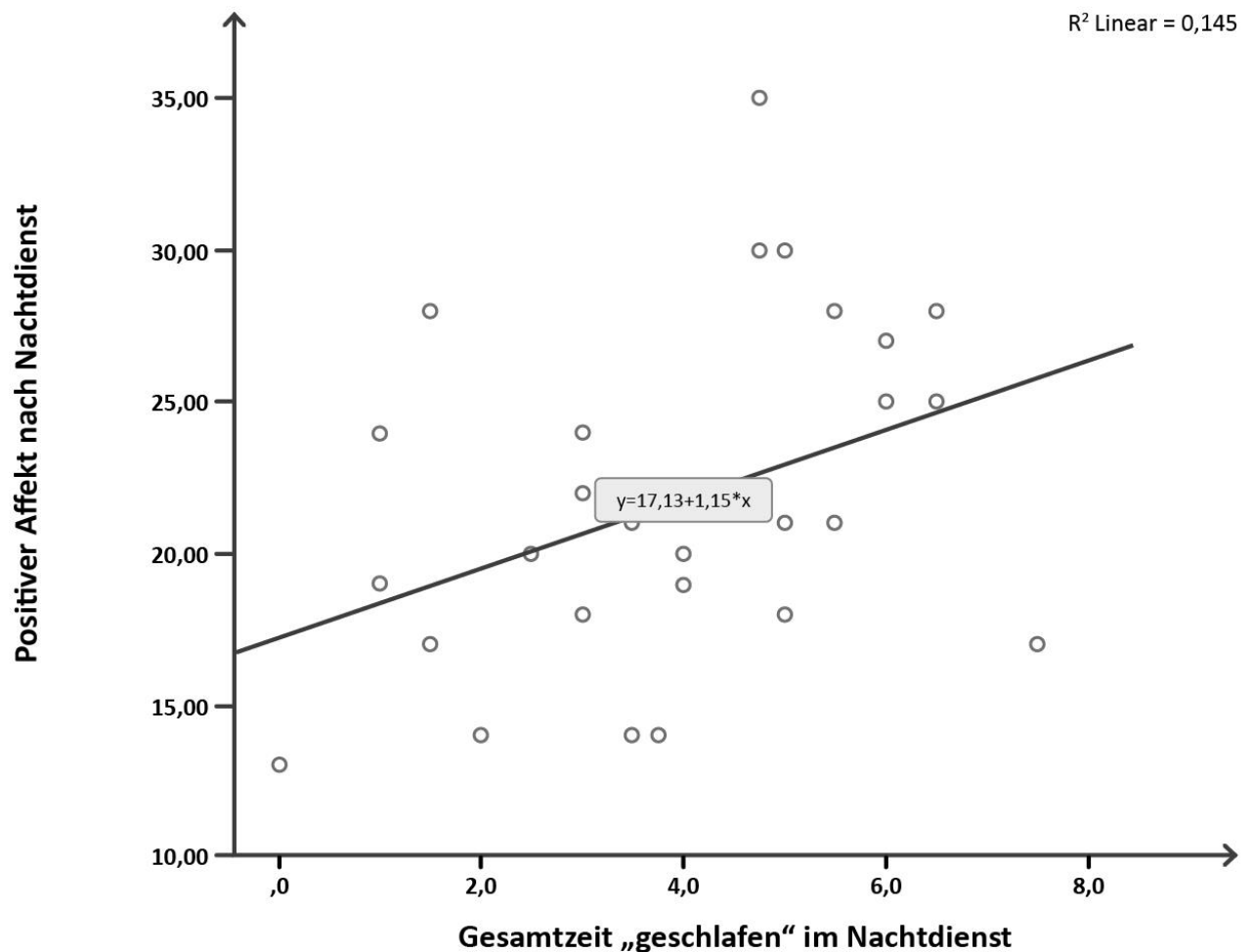


Abbildung 11: Zusammenhang positiver Affekt nach Nachtdienst und Schlaf im Nachtdienst
Je mehr Schlaf die Notärzte im Nachtdienst hatten, desto mehr positive Emotionen empfanden sie nach dem Nachtdienst.

Ein weiterer Prädiktor für den *positiven Affekt* nach Nachtdienst ist die Empfindung des Dienstes ($F(1,28) = 21,299$; $p < 0,001$). Die Effektstärke von $f = 0,83$ entspricht einem starken Effekt (korr. $R^2 = 0,412$). Je stressiger die Notärzte den Nachtdienst empfanden, desto geringer war ihr *positiver Affekt* (vgl. Abbildung 12).

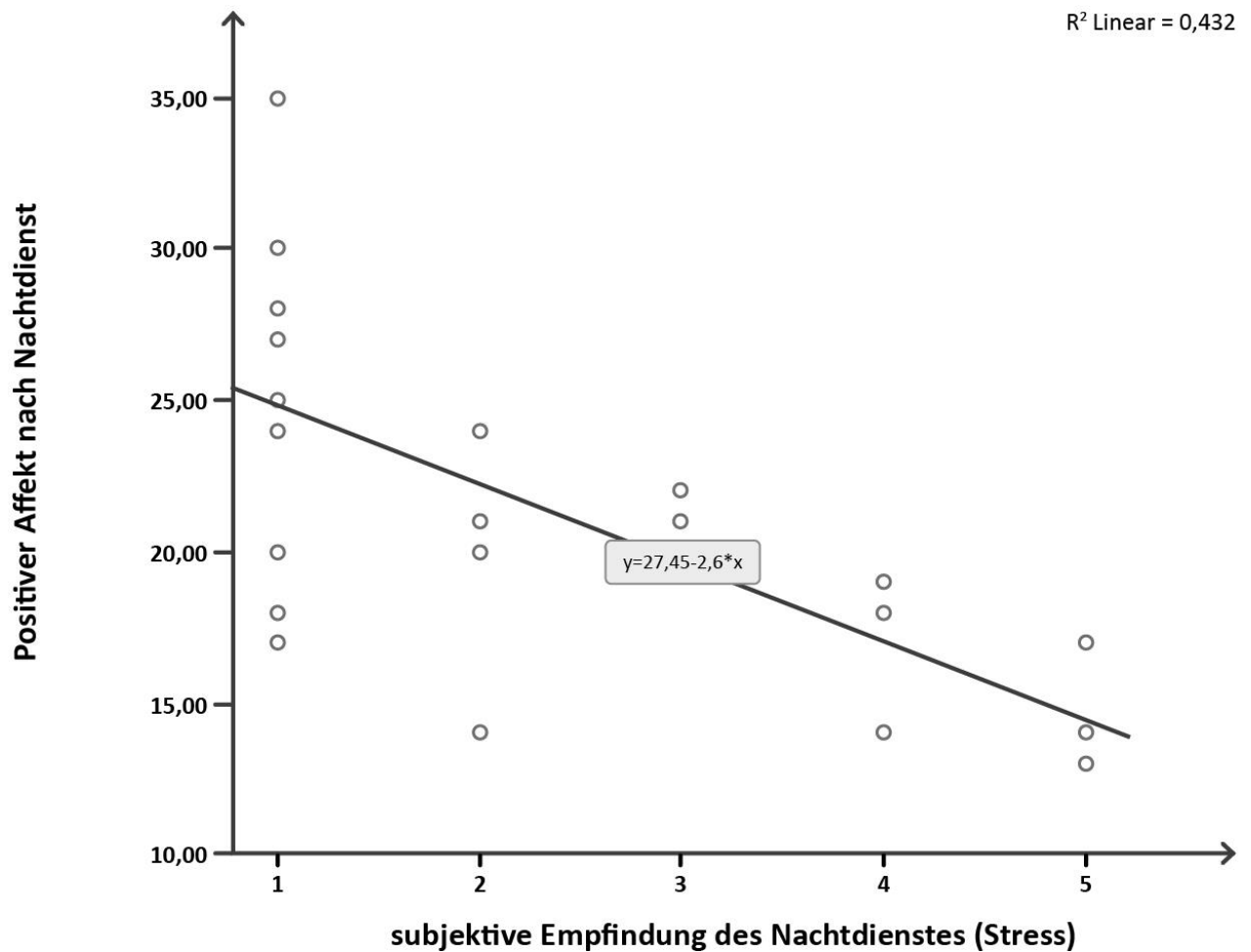


Abbildung 12: Zusammenhang positiver Affekt nach Nachtdienst und subjektive Empfindung des Nachtdienstes
Je stressiger der Nachtdienst von den Notärzten empfunden wurden, desto geringer war der positive Affekt.

Hatten die Probanden während der Nachtschicht Koffein eingenommen, so war ihr *positiver Affekt* signifikant höher, als bei den Probanden ohne Koffeinnahme ($t(28) = -2,333$; $p = 0,027$), vgl. Abbildung 13. Die Effektstärke nach Cohen (1992) liegt bei $r = 0,40$ und entspricht damit einem mittleren Effekt.

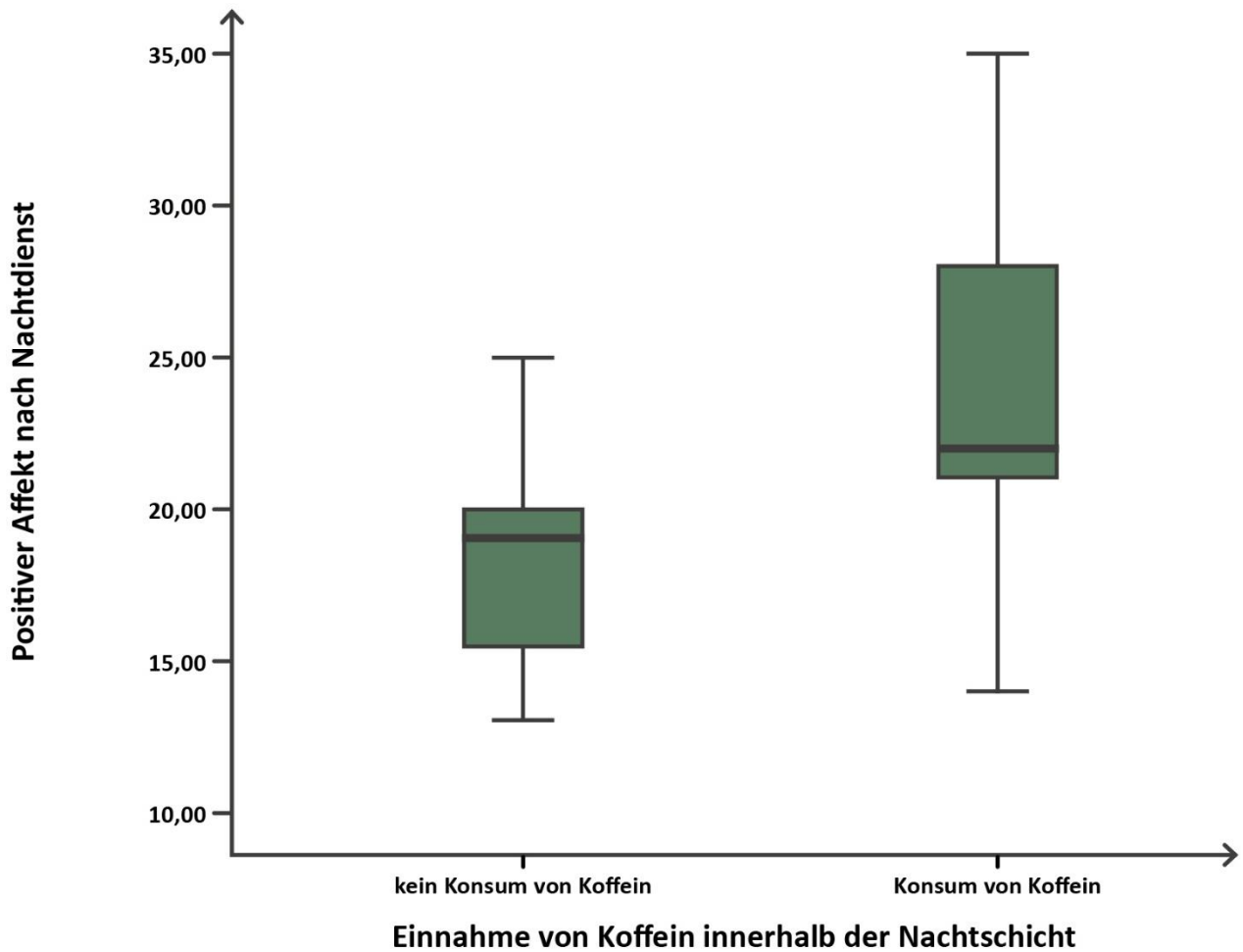


Abbildung 13: Zusammenhang positiver Affekt nach Nachtdienst und Koffeinnahme
Die Einnahme von Koffein hatte einen signifikant positiven Einfluss auf Stimmung nach Nachtdienst.

Für *PANAS_Pos_Diff* wurden zwei Prädiktoren gefunden: *Nacht_Empfindung_Dienst* und *Nacht_Koffein*.

Der Nachtdienst-bedingte Unterschied des *positiven Affekts* wird signifikant von der Empfindung des Nachtdienstes beeinflusst ($F(1,28) = 5,525$; $p = 0,01$). Abbildung 14 zeigt, dass, je stressiger der Dienst empfunden wurde, desto größer war die Differenz des *positiven Affekts*. Eine große Differenz bedeutet, dass der *positive Affekt* nach Nachtdienst geringer als ausgeruht ist. Ein stressiger Dienst bedingt somit eine Verschlechterung der Stimmung.

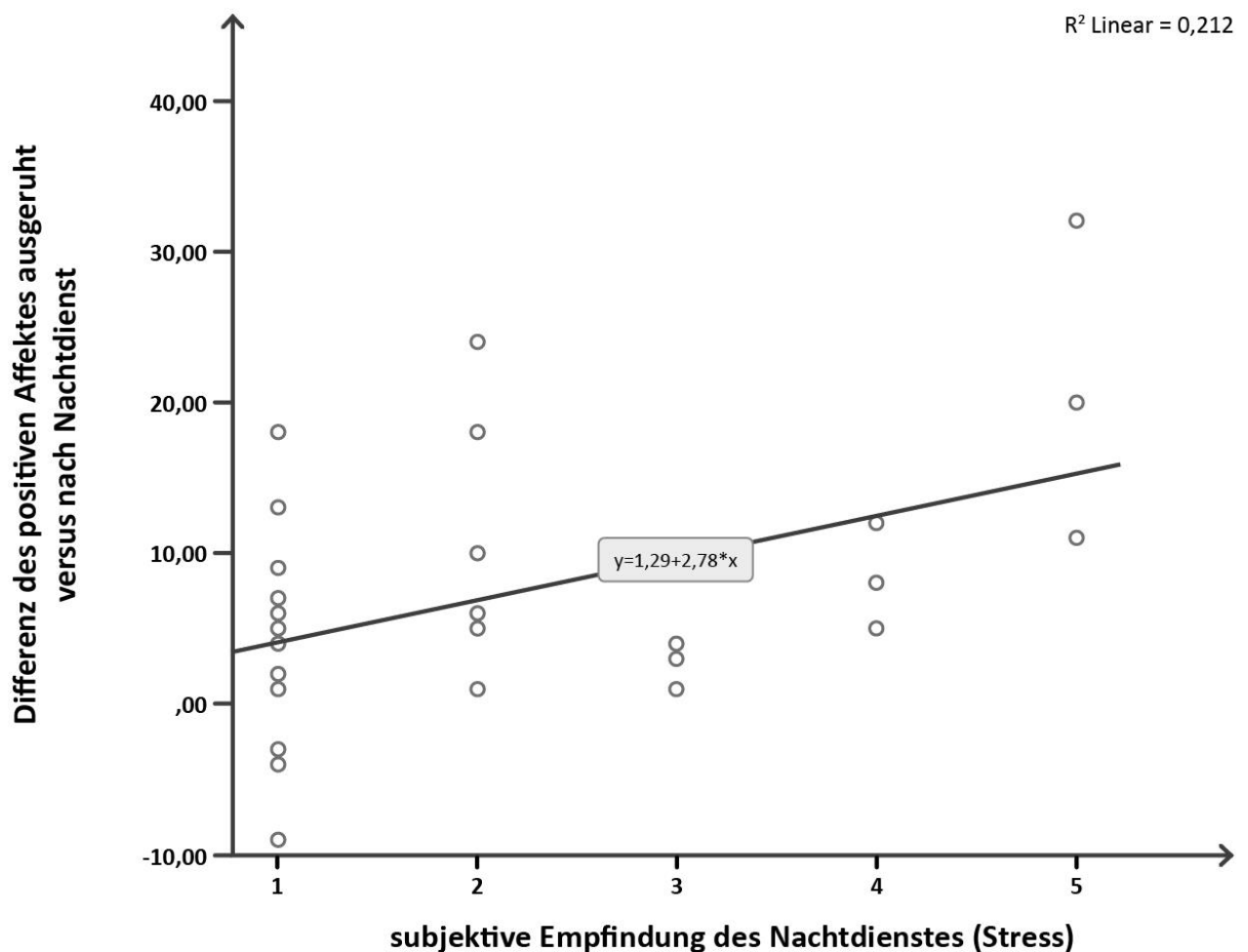


Abbildung 14: Zusammenhang Differenz des positiven Affektes ausgeruht versus nach Nachtdienst und subjektive Empfindung des Nachtdienstes
Vermehrter Stress im Nachtdienst führte zu einer Probanden-bezogenen Verminderung des positiven Affektes.

Die Einnahme von Koffein während des Nachtdienstes beeinflusst signifikant *PANAS_Pos_Diff* ($t(28)=2,152$; $p=0,04$). Ohne Einnahme von Koffein war eine stärkere Verschlechterung der Stimmung durch den Nachtdienst zu verzeichnen als mit Koffein (vgl. Abbildung 15).

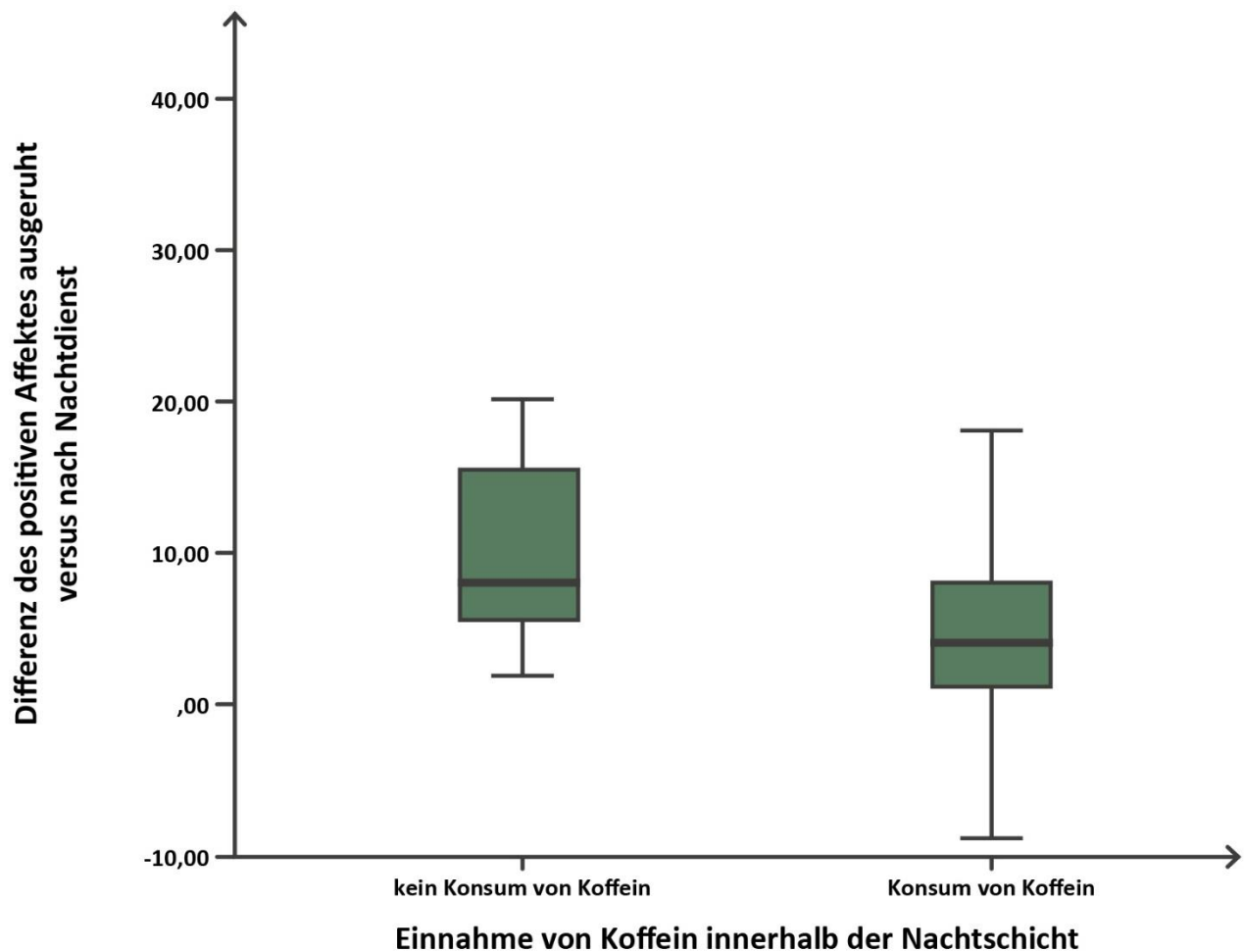


Abbildung 15: Zusammenhang Differenz des positiven Affektes ausgeruht versus nach Nachtdienst und Koffeinnahme
Die Einnahme von Koffein verminderte die Probanden-bezogenen Verschlechterung des positiven Affektes durch einen Nachtdienst

Negativer Affekt

Für den negativen Affekt nach Nachtdienst (*PANAS_Neg_Nacht*) und die Differenz des negativen PANAS-Wertes (*PANAS_Neg_Diff*) wurden aufgrund fehlender Normalverteilung Korrelationsanalysen und Tests auf Gruppenunterschiede mit dem Mann-Whitney-Test mit den gleichen Faktoren wie bei den Analysen des negativen Affektes durchgeführt. Hierbei wurde keine signifikante Interaktion festgestellt.

3.5 Auswertung der TAP

3.5.1 Vergleich „ausgeruht“ versus „nach Nachtdienst“

Die Ergebnisse der fünf Untertests werden mit dem gepaarten T-Test bzw. dem Wilcoxon-Test bei fehlender Normalverteilung auf einen Unterschied zwischen der ausgeruhten Testung und der Nachtdienst Testung untersucht. Hierbei werden folgende Variablen getestet:

<i>Alertness_Reaktionszeit_Nacht</i>	<i>Alertness_Reaktionszeit_ausgeruht</i>
<i>Alertness_Reaktionszeit+WS_Nacht</i>	<i>Alertness_Reaktionszeit+WS_ausgeruht</i>
<i>Arbeitsgedächtnis_Fehler_Nacht</i>	<i>Arbeitsgedächtnis_Fehler_ausgeruht</i>
<i>Arbeitsgedächtnis_Auslassungen_Nacht</i>	<i>Arbeitsgedächtnis_Auslassungen_ausgeruht</i>
<i>Arbeitsgedächtnis_Summe(Auslassungen+Fehler)_Nacht</i>	<i>Arbeitsgedächtnis_Summe(Auslassungen+Fehler)_ausgeruht</i>
<i>Flexibilität_Fehler_Nacht</i>	<i>Flexibilität_Fehler_ausgeruht</i>
<i>Flexibilität_Reaktionszeit_Nacht</i>	<i>Flexibilität_Reaktionszeit_ausgeruht</i>
<i>Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht</i>	<i>Flexibilität_Gesamtleistung_ausgeruht</i>
<i>Geteilte Aufmerksamkeit_Auslassungen_Nacht</i>	<i>Geteilte Aufmerksamkeit_Auslassungen_ausgeruht</i>
<i>Geteilte Aufmerksamkeit_Fehler_Nacht</i>	<i>Geteilte Aufmerksamkeit_Fehler_ausgeruht</i>
<i>Inkompatibilität_Fehler_Nacht</i>	<i>Inkompatibilität_Fehler_ausgeruht</i>
<i>Inkompatibilität_Reaktionszeit_Nacht</i>	<i>Inkompatibilität_Reaktionszeit_ausgeruht</i>

Tabelle 9: Kennungen - Testparameter TAP Vergleich ausgeruht-nach Nachtdienst

3.5.1.1 Alertness

Der Mittelwert der Reaktionszeit ohne Warnsignal (*Alertness_Reaktionszeit*) beträgt bei der Testung nach Nachtdienst im Durchschnitt 255,8 ms und bei der ausgeruhten Testung 247,1 ms. Dieser Unterschied von 8,7 ms ist statistisch signifikant ($t(29) = 2,30$; $p = 0,028$).

Der Mittelwert der Reaktionszeit mit Warnsignal (*Alertness_Reaktionszeit+WS*) ergibt nach dem Nachtdienst einen Wert von 268,3 ms, während er ausgeruht nur 254,6 ms betrug. Die Notärzte hatten im ausgeruhten Zustand eine signifikant niedrigere Reaktionszeit als nach Nachtdienst ($t(29) = 2,49$; $p = 0,019$).

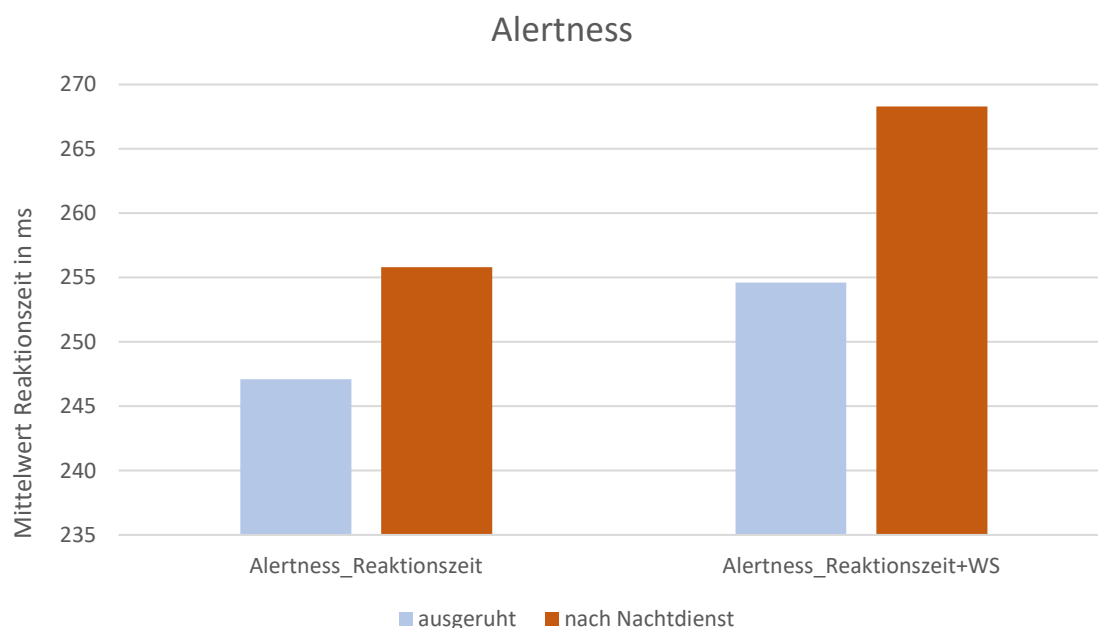


Abbildung 16: Alertness RZ - Vergleich der Testungen
Die Reaktionszeit der Probanden war mit und ohne Warnsignal nach Nachtdienst signifikant verlängert.

3.5.1.2 Arbeitsgedächtnis

Beim Test Arbeitsgedächtnis werden die Anzahl der Fehler (*Arbeitsgedächtnis_Fehler*) und der Auslassungen (*Arbeitsgedächtnis_Auslassungen*) ausgewertet. Die maximale Fehleranzahl liegt insgesamt bei 5 und die Anzahl der Auslassungen bei 8. Im Durchschnitt wurden bei der Testung nach Nachtdienst 1,4 Fehler und bei der ausgeruhten Testung 1,6 Fehler gemacht. Die Anzahl der Auslassungen liegt nach dem Nachtdienst bei 1,8 und ausgeruht bei 1,6. Wie im Kapitel 2.6.3 erwähnt, werden beide Parameter zu einem Gesamtwert addiert (*Arbeitsgedächtnis_Summe*). Dieser beträgt nach dem Nachtdienst 3,2 und ausgeruht 3,1. Es zeigt sich im Test

Arbeitsgedächtnis kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Untersuchungen.

3.5.1.3 Flexibilität

Bei dem Untertest Flexibilität wird der Mittelwert der Reaktionszeit, die Anzahl der Fehler und der Index Gesamtleistung ausgewertet. Der Mittelwert der Reaktionszeit beträgt nach Nachtdienst 715,2 ms und ausgeruht 695,7 ms. Im ausgeruhten Zustand zeigten die Notärzte somit im Mittel eine um 19,5 ms schnellere Reaktion. Die maximale Fehleranzahl lag nach dem Nachtdienst bei 8 und die durchschnittliche Fehleranzahl bei 1,6. Ausgeruht hatten die Notärzte maximal 3 Fehler und im Durchschnitt 1,2 Fehler.

Bei dem Parameter „Index Gesamtleistung“ bedeutet ein hoch positiver Wert eine überdurchschnittliche Gesamtleistung (wenige Fehler, schnelle Reaktionen) und ein hoch negativer Wert eine unterdurchschnittliche Gesamtleistung (hohe Fehlerrate, langsame Reaktionen). Hierbei erreichten die Notärzte nach dem Nachtdienst ein Minimum von -19,09 und ein Maximum von 14,85. Der Mittelwert lag bei 1,28. Nach der ausgeruhten Nacht war der Mittelwert der Gesamtleistung 3,02, bei einem maximalen Wert von 11,31 und einem minimalen Wert von -5,66. Deskriptiv war die Gesamtleistung im Test Flexibilität nach Nachtdienst schlechter als im ausgeruhten Zustand, statistisch zeigt sich ein Trend ($t(29) = -1,374$; $p = 0,180$).

3.5.1.4 Geteilte Aufmerksamkeit

Nach dem Nachtdienst hatten die Notärzte im Test „geteilte Aufmerksamkeit“ im Mittel 1,13 Auslassungen und 0,97 Fehler. Im ausgeruhten Zustand wurden im Mittel 0,5 Auslassungen und 1,2 Fehler erfasst. Bei der Untersuchung nach Nachtdienst wurden signifikant mehr Reize verpasst als bei der ausgeruhten Untersuchung ($z = -2,22$; $p = 0,027$). Bei Betrachtung der Fehler zeigt sich kein signifikanter Unterschied beider Untersuchungen.

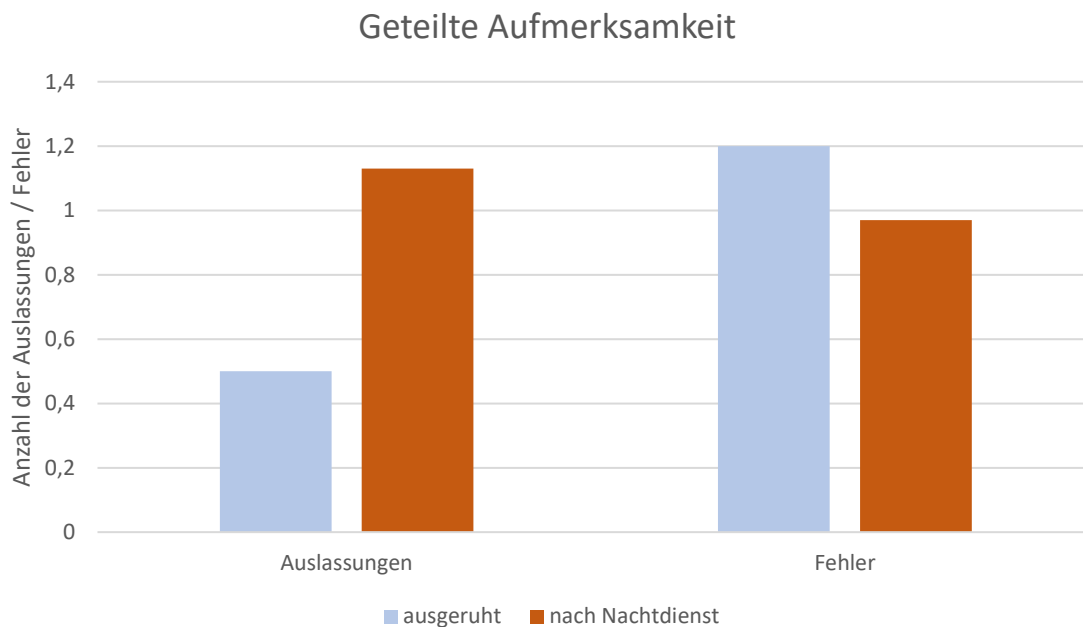


Abbildung 17: Geteilte Aufmerksamkeit Auslassungen / Fehler – Vergleich der Testungen
Die Anzahl der Auslassungen war nach Nachtdienst im Vergleich zu ausgeruht signifikant erhöht.

3.5.1.5 Inkompatibilität

Beim Test „Inkompatibilität“ werden zwei Parameter ausgewertet: die Anzahl der Fehler (*Inkompatibilität_Fehler*) und die mittlere Reaktionszeit (*Inkompatibilität_Reaktionszeit*).

Nach dem Nachtdienst erreichten die Probanden einen Mittelwert von 1,5 Fehlern, im ausgeruhten Zustand einen Mittelwert von 1,2 Fehlern. Dieser Unterschied ist nicht signifikant.

Der Mittelwert der Reaktionszeit beträgt nach dem Nachtdienst 474,44 ms und nach der dienstfreien Nacht 467,19 ms. Die Differenz von 7,25 ms ist nicht signifikant.

3.5.2 Zusammenhang bestimmter Faktoren mit den Ergebnissen der TAP

Es soll untersucht werden, ob die kognitiven Fähigkeiten nach dem Nachtdienst sowie die Nachtdienst-bedingten Veränderungen der kognitiven Fähigkeiten von bestimmten Faktoren abhängen. Dazu werden die Ergebnisse nach Nachtdienst und die Differenzwerte zwischen der Nachtdienst-Untersuchung und der ausgeruhten Untersuchung untersucht. Je nachdem, ob die metrischen Variablen normalverteilt, oder nicht normalverteilt sind, werden Regressionsanalysen oder Korrelationsanalysen durchgeführt.

Folgende abhängige Variablen werden geprüft:

- *Alertness_Reaktionszeit_Nacht*
- *Alertness_Diff_Reaktionszeit*
- *Alertness_Reaktionszeit+WS_Nacht*
- *Alertness_Diff_Reaktionszeit+WS*
- *Arbeitsgedächtnis_Fehler_Nacht*
- *Arbeitsgedächtnis_Auslassungen_Nacht*
- *Arbeitsgedächtnis_Summe (Auslassungen+Fehler)_Nacht*
- *Arbeitsgedächtnis_Diff_Summe (Auslassungen+Fehler)*
- *Flexibilität_Fehler_Nacht*
- *Flexibilität_Diff_Fehler*
- *Flexibilität_Reaktionszeit_Nacht*
- *Flexibilität_Diff_Reaktionszeit*
- *Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht*
- *Flexibilität_Diff_Gesamtleistung*
- *Geteilte Aufmerksamkeit_Auslassungen_Nacht*
- *Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Auslassungen*
- *Geteilte Aufmerksamkeit_Fehler_Nacht*
- *Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler*
- *Inkompatibilität_Fehler_Nacht*
- *Inkompatibilität_Diff_Fehler*
- *Inkompatibilität_Reaktionszeit_Nacht*
- *Inkompatibilität_Diff_Reaktionszeit*

Folgende unabhängige Variablen werden geprüft:

- *Alter*
- *Berufserfahrung* (Berufserfahrung als Notarzt in Jahren)
- *Nacht_Einsätze* (Anzahl der Einsätze im Nachtdienst)
- *Nacht_Zeit_Schlaf* (Gesamtzeit Schlaf im Nachtdienst)

- *Nacht_Unterbrechungen* (Anzahl der Unterbrechungen des Schlafes im Nachtdienst)
- *Zeit_Schlaf_Diff* (Differenz der Stunden Schlaf zwischen ausgeruht und Nachtdienst-Testung)
- *Nacht_Empfindung_Dienst* (Subjektive Empfindung des Nachtdienstes)
- *PANAS_Pos_Nacht* (Positiver Affekt nach Nachtdienst)
- *PANAS_Pos_Diff* (Differenz des Positiven Affektes)
- *PANAS_Neg_Nacht* (Negativer Affekt nach Nachtdienst)
- *PANAS_Neg_Diff* (Differenz des Negativen Affektes)

Dichotome Faktoren werden anhand des t-Tests für unabhängige Stichproben, bzw. Mann-Whitney-Test auf Gruppenunterschiede geprüft.

Folgende Gruppierungsvariablen werden untersucht:

- *Nacht_letzte_Aktivität* (Letzte Aktivität vor dem Nachtdienst: Arbeit / Freizeit)
- *Nacht Koffein* (Einnahme von Koffein im Nachtdienst: ja / nein)
- *Weiterbildungsstatus* (Assistenzarzt / Facharzt)
- *Geschlecht* (männlich / weiblich)

3.5.2.1 Alertness

Es kann kein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Untertests Alertness und den obengenannten Faktoren festgestellt werden.

3.5.2.2 Arbeitsgedächtnis

Zwischen der Anzahl der Auslassungen und dem negativen Affekt nach Nachtdienst besteht ein signifikanter positiver Zusammenhang ($r_s = 0,411$; $p = 0,024$), vgl. Abbildung 18. Dabei handelt es sich nach Cohen (1992) um einen mittleren Effekt.

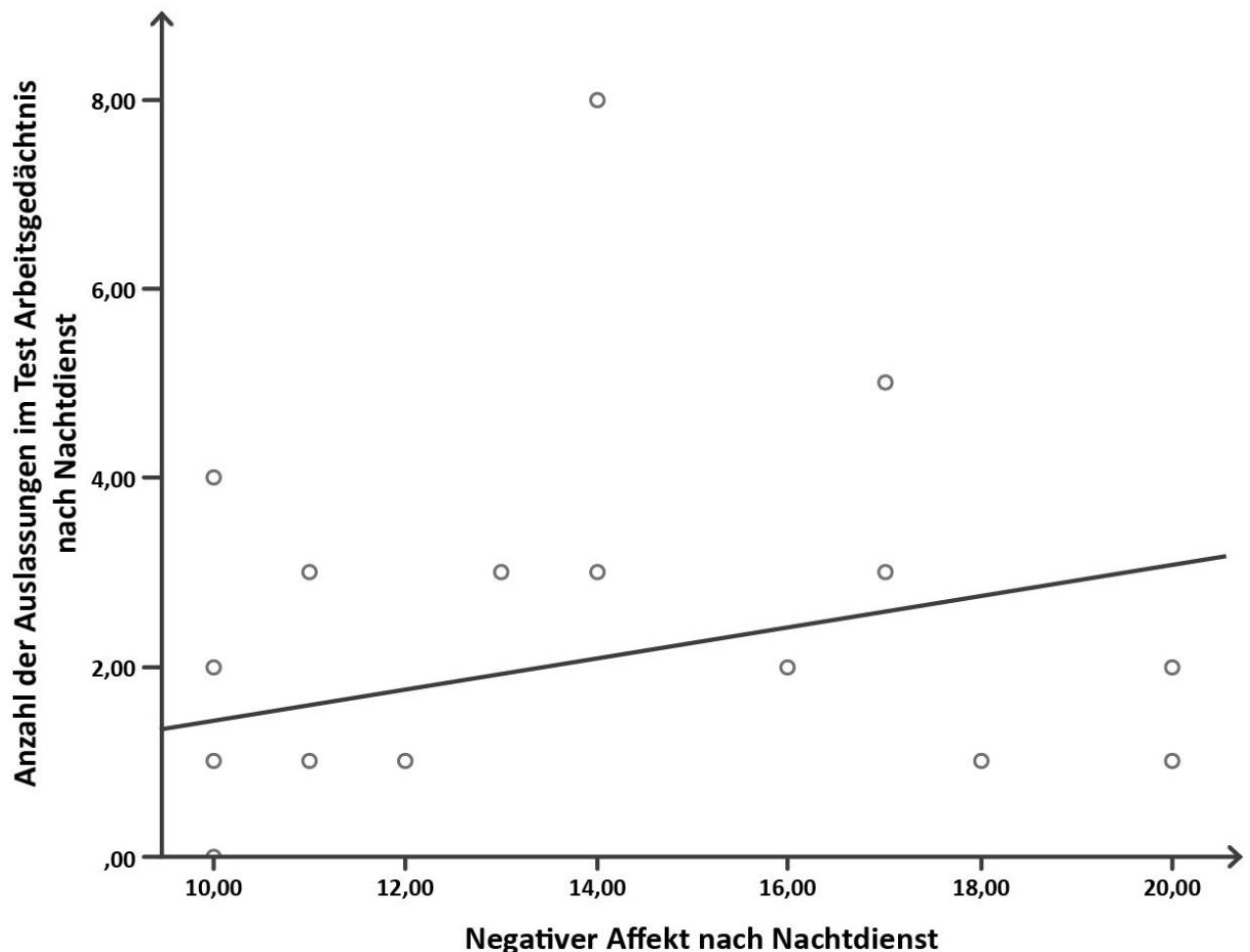


Abbildung 18: Zusammenhang Arbeitsgedächtnis_Auslassungen_Nacht und PANAS_Neg_Nacht
Eine vermehrte Anzahl verpasster Signale nach Nachtdienst war mit einem erhöhten negativen Affekt assoziiert.

Die Nachtdienst-bedingte Differenz der Auslassungen hängt signifikant von der Differenz des positiven Affekts ab ($F(1, 28) = 9,964$; $p = 0,004$). Die Effektstärke von $f = 0,56$ entspricht einem starken Effekt. Je schlechter die Laune nach Nachtdienst im Vergleich zu ausgeruht war, desto mehr Reize wurden nach Nachtdienst im Vergleich zu ausgeruht ausgelassen. Dies zeigt die folgende Grafik:

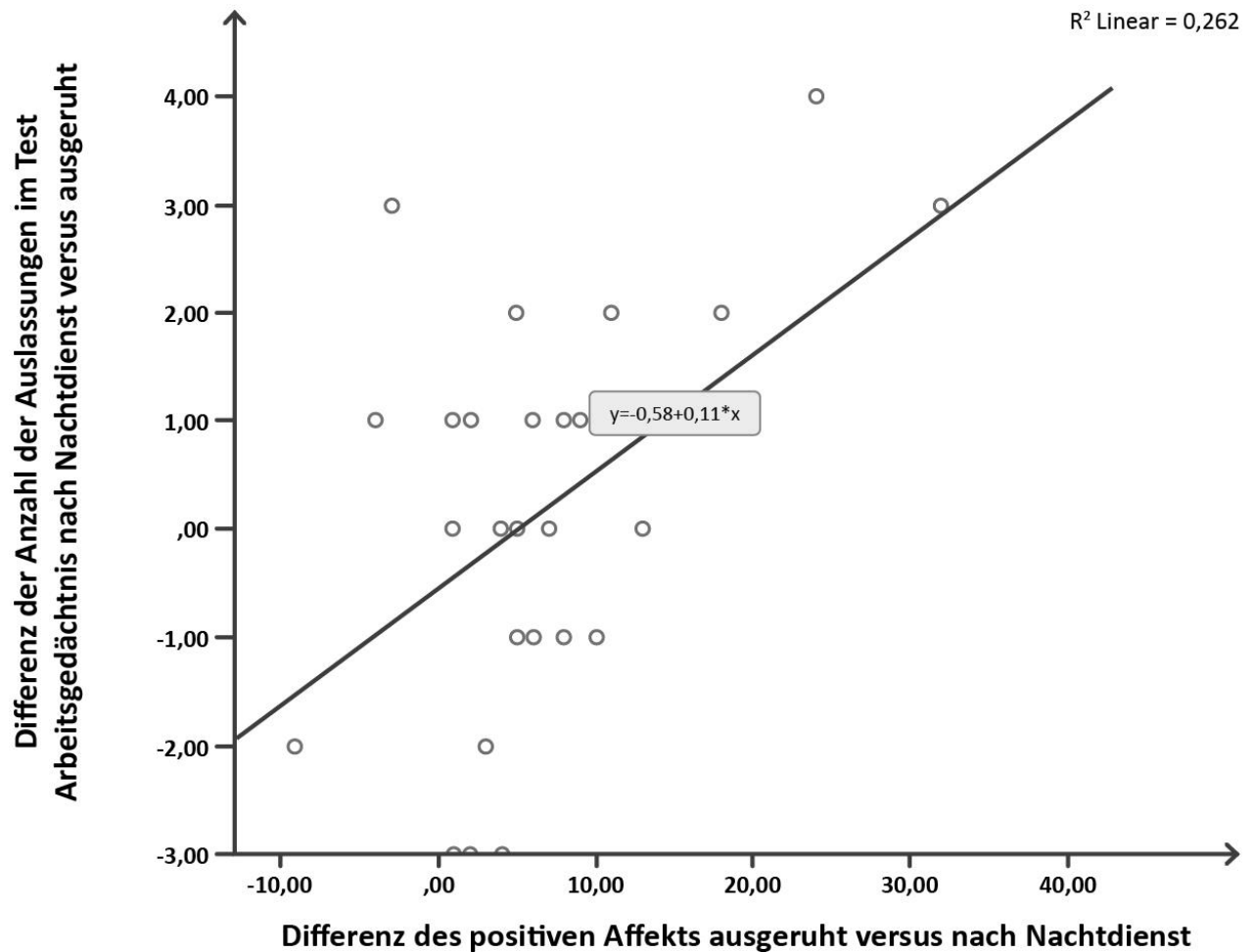


Abbildung 19: Zusammenhang Arbeitsgedächtnis_Diff_Auslassungen und PANAS_Pos_Diff
Die durch den Nachtdienst bedingte Verminderung des positiven Affekts zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit der Nachtdienst-bedingten vermehrten Anzahl verpasster Signale.

Die Summe aus Fehlern und Auslassungen nach Nachtdienst hängt signifikant vom *Weiterbildungsstatus* ab. Assistenzärzte hatten im Mittel zwei Versager mehr als Fachärzte ($z = -2,145$; $p = 0,031$), vgl. Abbildung 20.

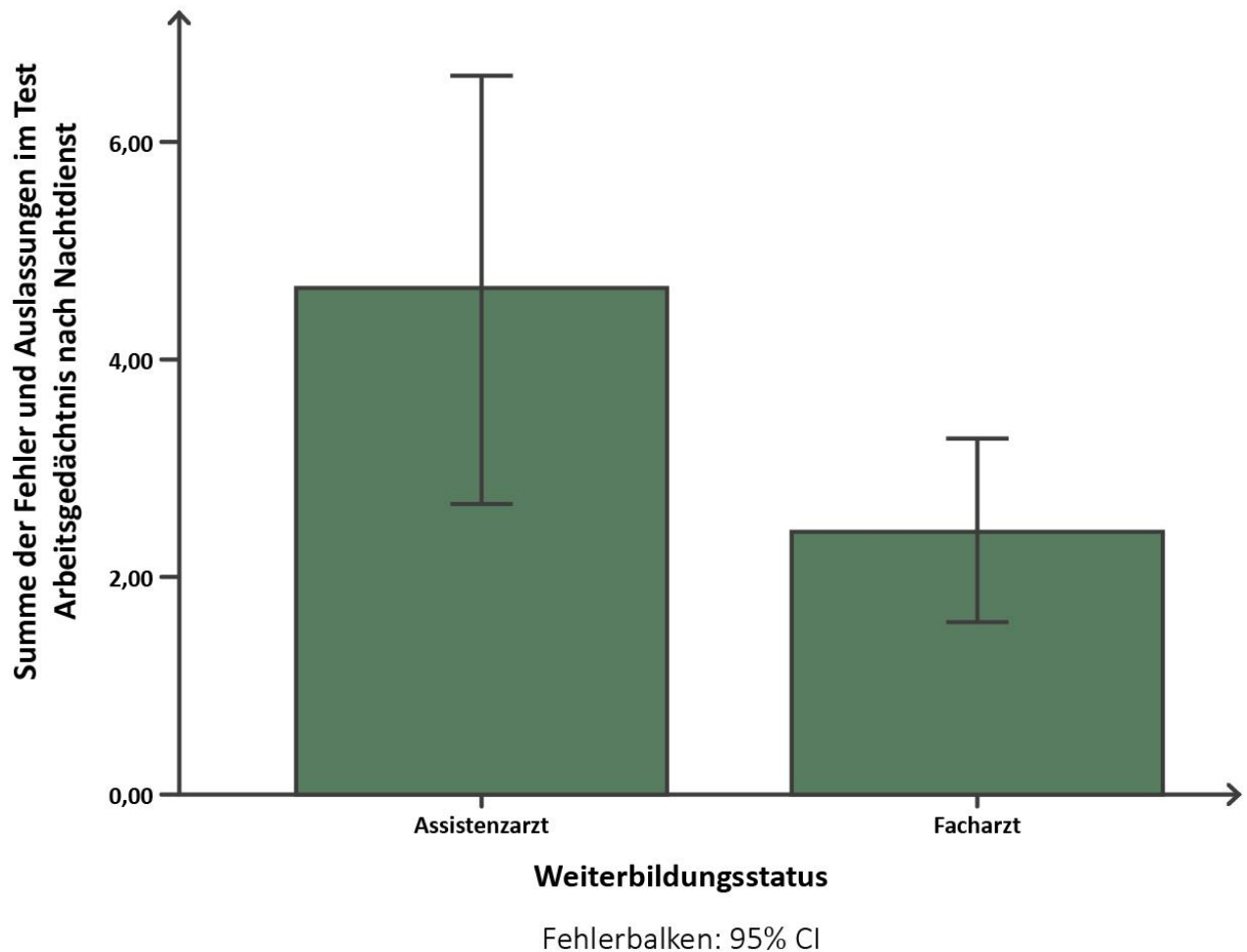


Abbildung 20: Zusammenhang *Arbeitsgedächtnis_Summe(Auslassungen+Fehler)_Nacht* und *Weiterbildungsstatus*
Im Test *Arbeitsgedächtnis* schnitten Assistenzärzte nach der Nachtschicht signifikant schlechter ab als Fachärzte.

Die Differenz der Summe zeigt eine negative Korrelation mit dem positiven Affekt nach Nachtdienst ($r_s = -0,038$; $p = 0,038$), vgl. Abbildung 21. Hoher positiver Affekt nach Nachtdienst hängt mit einer geringen Anzahl von Nachtdienst-bedingten Versagern im Test Arbeitsgedächtnis zusammen.

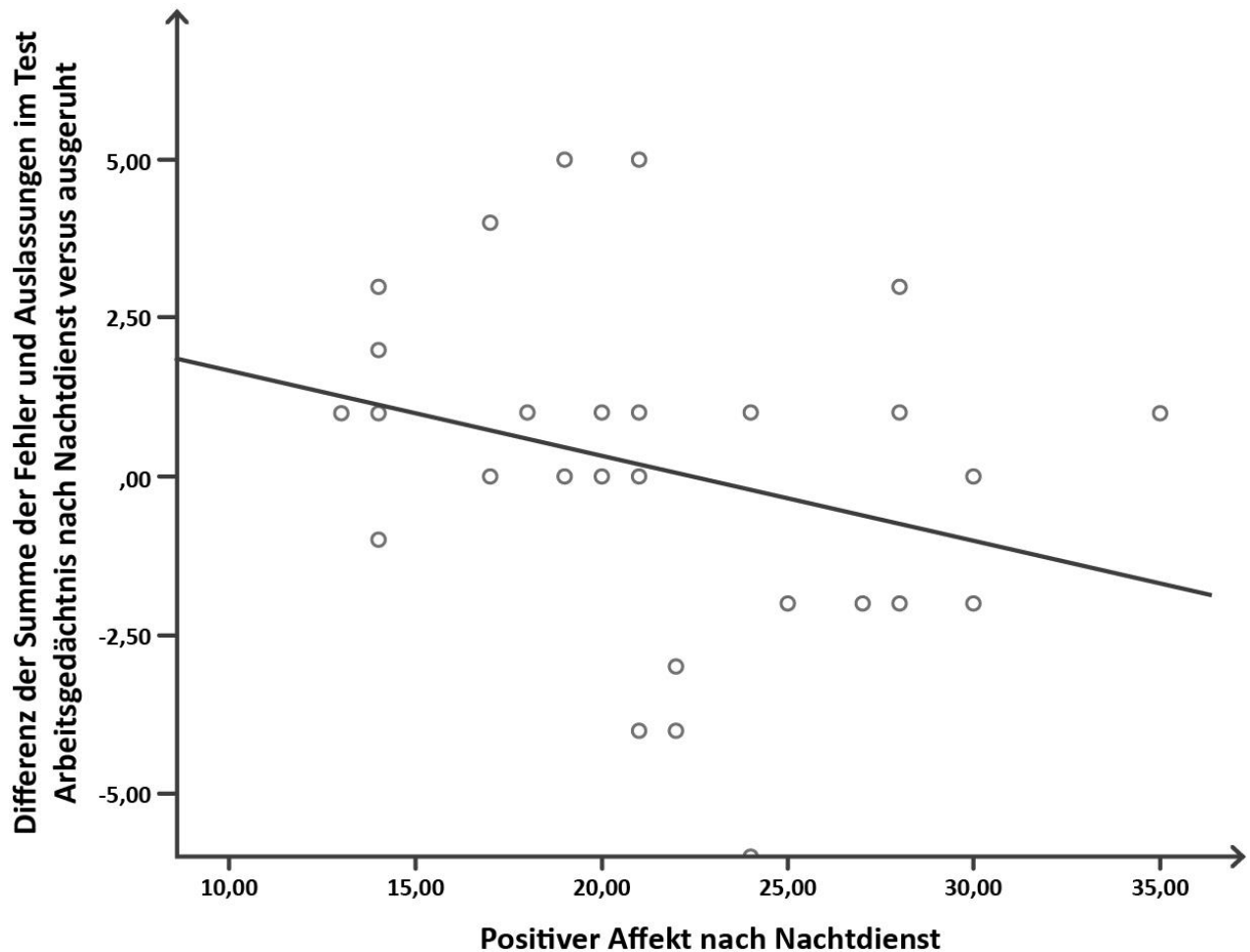


Abbildung 21: Zusammenhang $Arbeitsgedächtnis_Diff_Summe(Auslassungen+Fehler)$ und $PANAS_Pos_Nacht$. Ein erhöhter positiver Affekt nach Nachtdienst war mit einer verminderten Anzahl Nachtdienst-bedingter Versager assoziiert.

3.5.2.3 Flexibilität

Die Anzahl der Fehler im Nachtdienst zeigt einen signifikanten negativen Zusammenhang mit der Berufserfahrung ($r_s = -0,404$; $p = 0,027$), vgl. Abbildung 22.

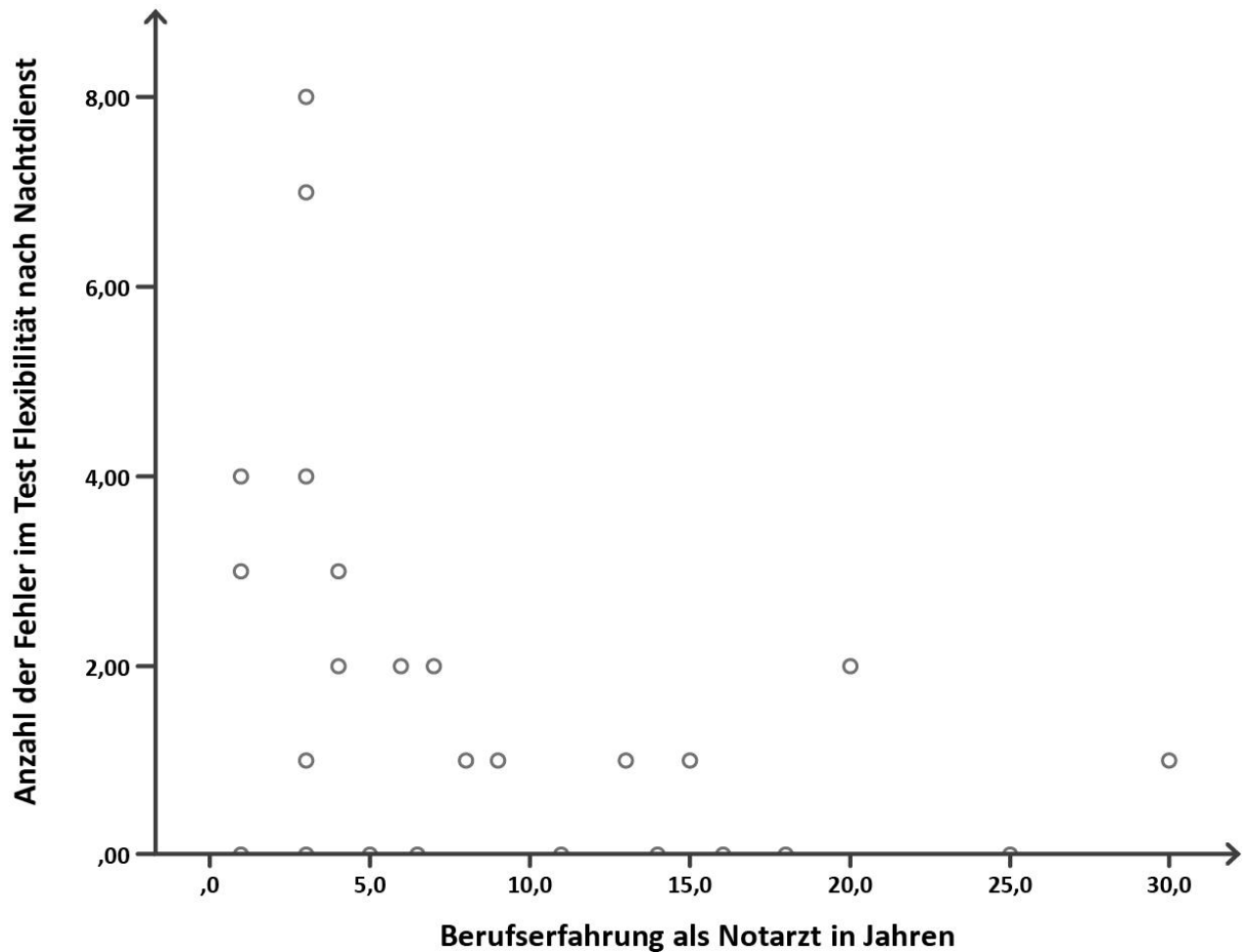


Abbildung 22: Zusammenhang Flexibilität_Fehler_Nacht und Berufserfahrung
Mehr Berufserfahrung als Notarzt war mit einer verminderten Fehleranzahl nach der Nachtschicht assoziiert.

Die Nachtdienst-bedingten Fehler hängen von der letzten Aktivität vor dem Nachtdienst ab. Die Notärzte, welche vorher Freizeit hatten, hatten signifikant weniger Fehler als Notärzte, die vorher gearbeitet haben ($Z = -1,995$; $p = 0,046$), vgl. Abbildung 23.

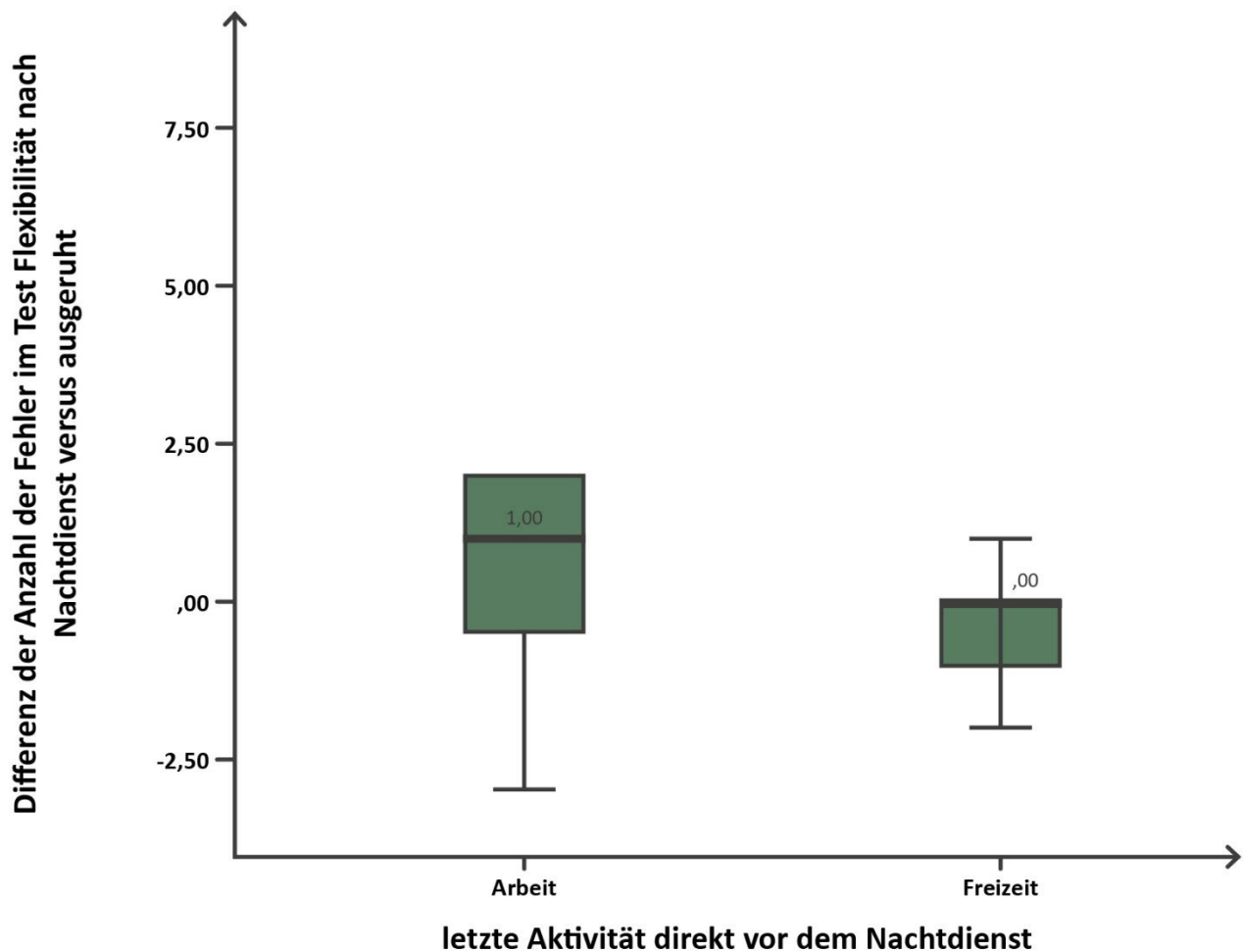


Abbildung 23: Zusammenhang Flexibilität_Diff_Fehler und Nacht_letzte_Aktivität
 Bei den Notärzten, welche vor dem Dienst Freizeit hatten, war die Anzahl Nachtdienst-bedingter Fehler signifikant vermindert, als bei den Notärzten, welche aus der Arbeit in den Nachtdienst gingen.

Die Differenz der Reaktionszeit hängt signifikant von der Anzahl der Einsätze ab ($F(1,28) = 4,846$; $p = 0,036$). Je mehr Einsätze die Notärzte in der Nacht hatten, desto höher war die Nachtdienst-bedingte Verlängerung der Reaktionszeiten (vgl. Abbildung 24).

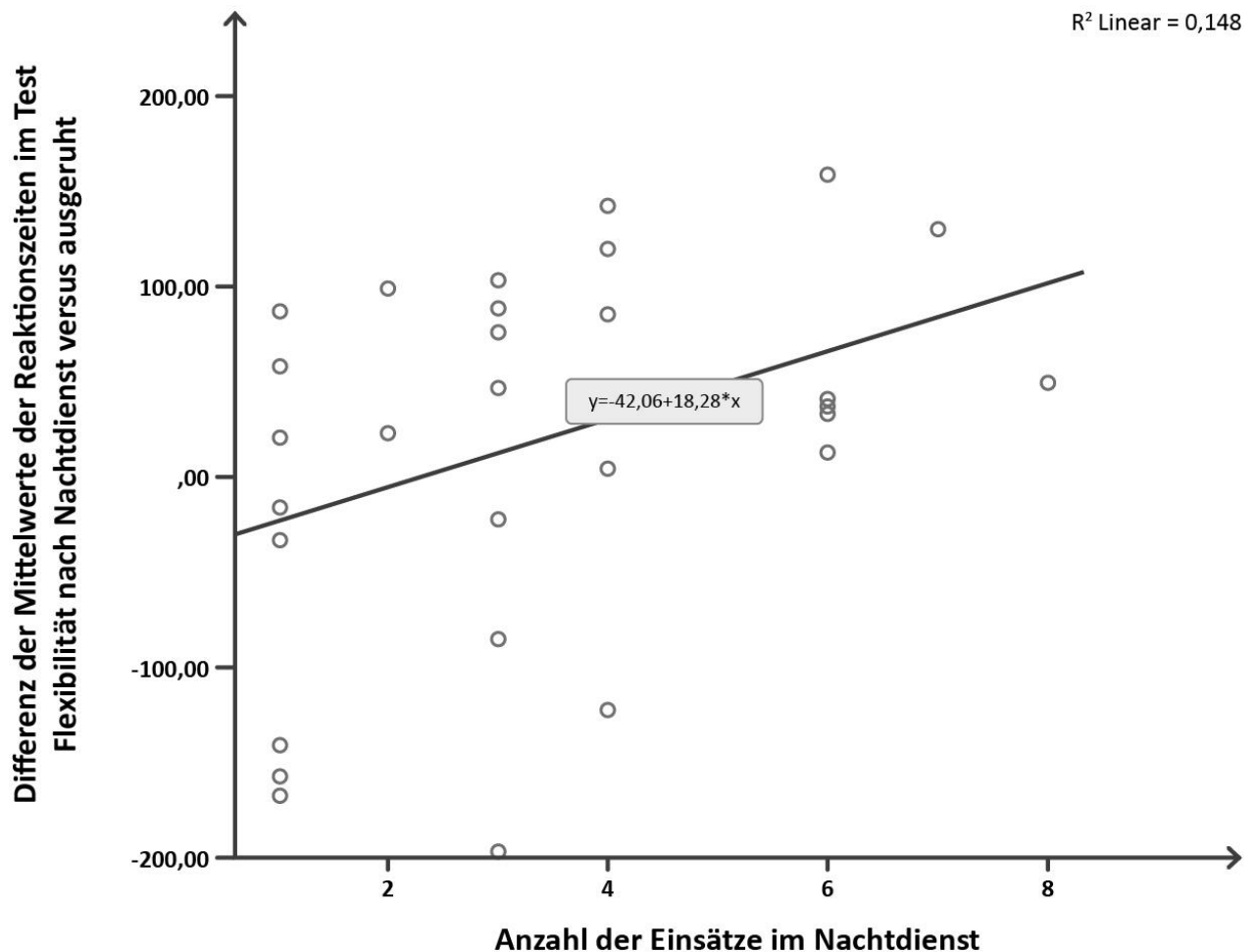


Abbildung 24: Zusammenhang Flexibilität_Diff_Reaktionszeit und Nacht_Einsätze
 Es besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl von Einsätzen und der Nachtdienst-bedingten Verlängerung der Reaktionszeit.

Als weiterer Einflussfaktor für *Flexibilität_Diff_Reaktionszeit* stellt sich im t-Test für ungepaarte Stichproben die Einnahme von Koffein im Nachtdienst dar. So lag die Nachtdienst-bedingte Reaktionszeit bei den Notärzten, welche kein Koffein im Nachtdienst konsumierten im Mittel bei 68,94 ms und bei den Notärzten, die Koffein konsumierten bei -9,16 ms, vgl. Abbildung 25. Die Nachtdienst-bedingte Reaktion war somit ohne Konsum von Koffein signifikant langsamer als mit Koffein ($t(27) = 2,726$; $p = 0,011$).

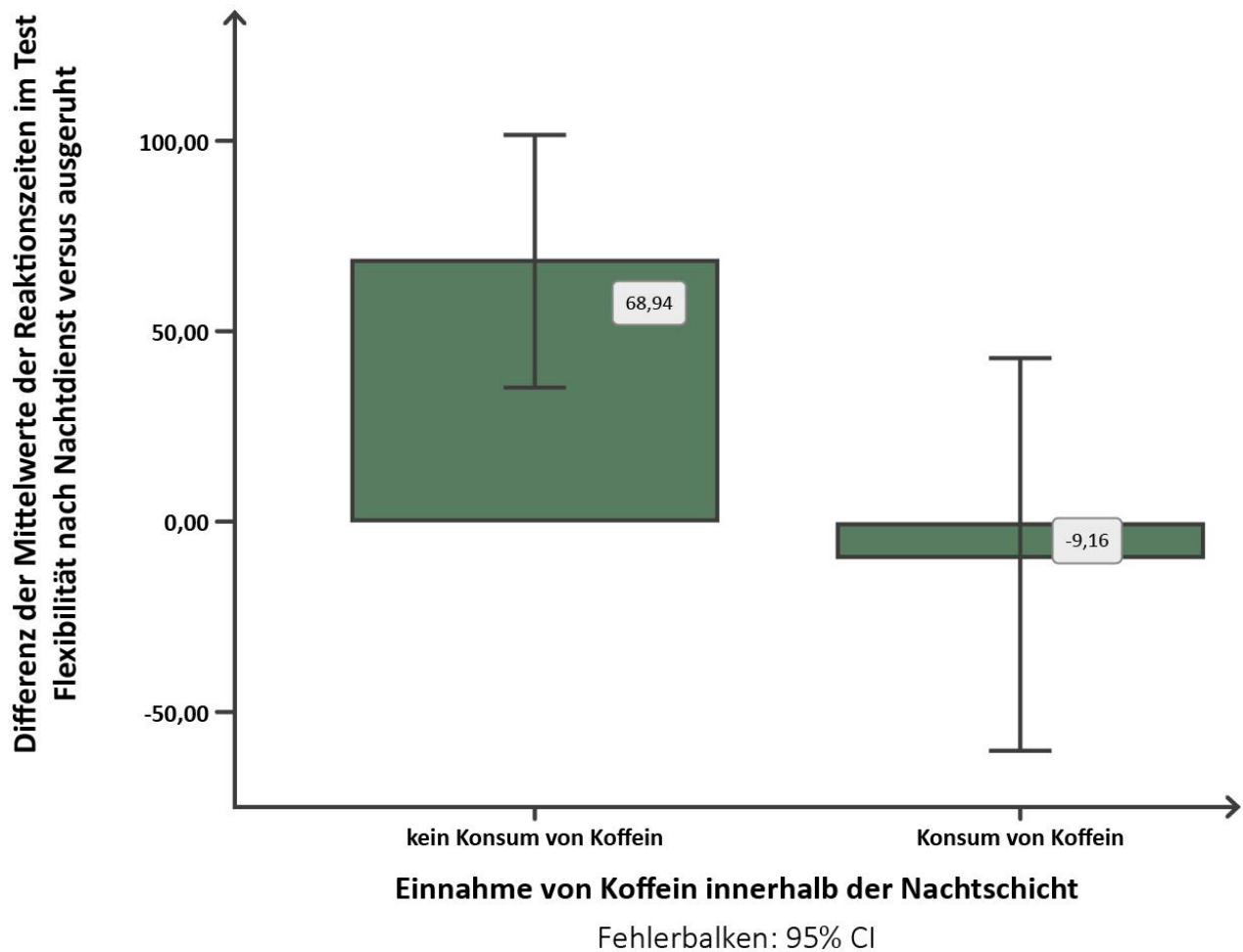


Abbildung 25: Zusammenhang *Flexibilität_Diff_Reaktionszeit* und Koffein
 Konsum von Koffein im Nachtdienst beeinflusste signifikant die Nachtdienst-bedingte Veränderung der Reaktionszeiten.

Die Gesamtleistung nach Nachtdienst im Untertest Flexibilität hängt signifikant von den Variablen *Alter*, *Weiterbildungsstatus*, *Berufserfahrung*, und *Nacht_Koffein* ab. Mit steigendem Alter stieg die Gesamtleistung nach dem Nachtdienst ($F(1,28) = 6,766$; $p = 0,015$). Die Effektstärke von $f = 0,45$ entspricht einem starken Effekt (korr. $R^2 = 0,166$).

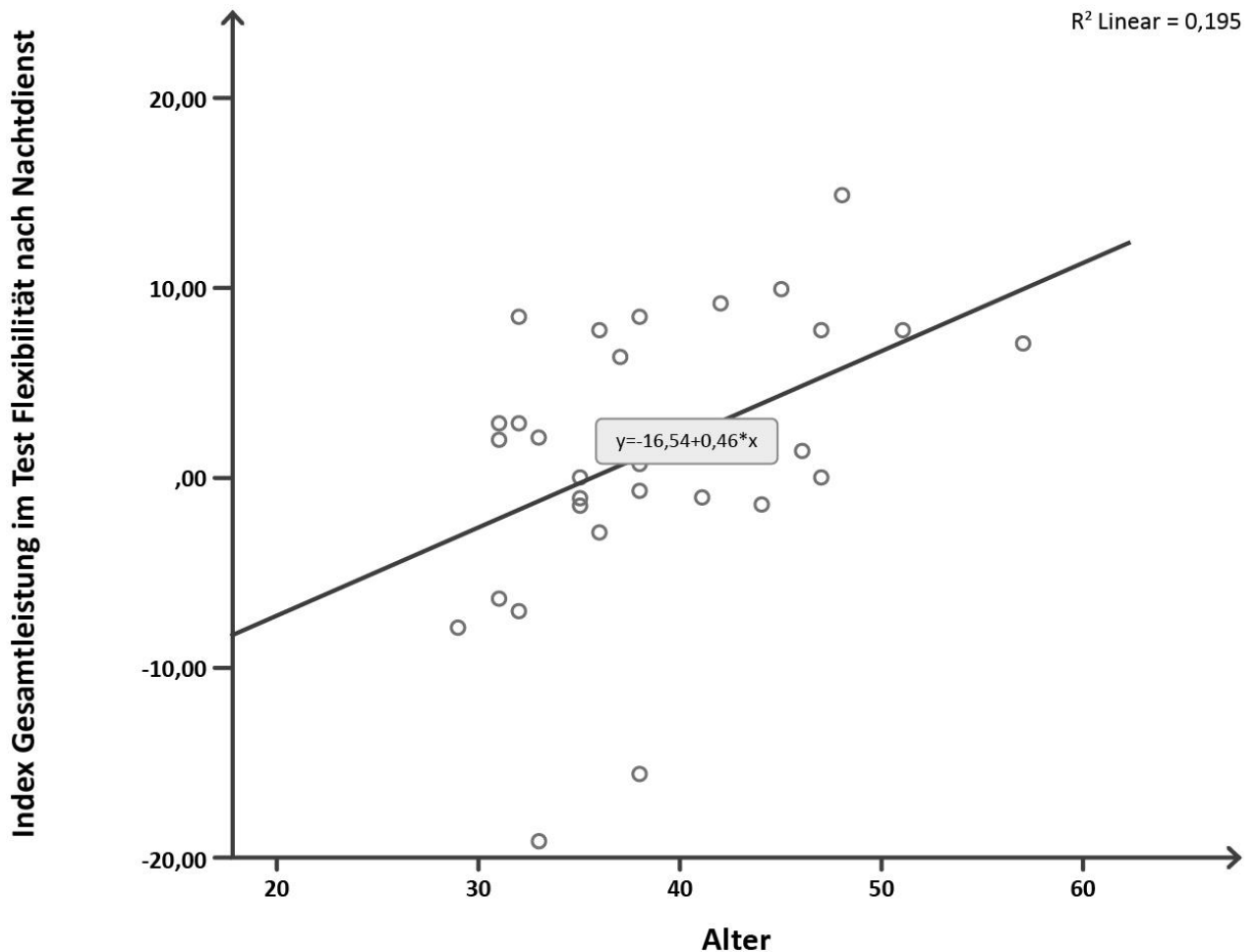


Abbildung 26: Zusammenhang *Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht* und *Alter*
Das Alter der Notärzte stellte einen signifikanten Einflussfaktor auf die Gesamtleistung dar.

Auch die Berufserfahrung hat einen signifikanten Einfluss auf *Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht*. Hierbei muss jedoch bedacht werden, dass die Faktoren Alter und Berufserfahrung stark miteinander korrelieren ($r = 0,865$; $p < 0,001$). Je länger die Probanden als Notärzte tätig waren, desto besser war ihre Gesamtleistung nach dem Nachtdienst ($F(1,28) = 9,256$; $p = 0,005$).

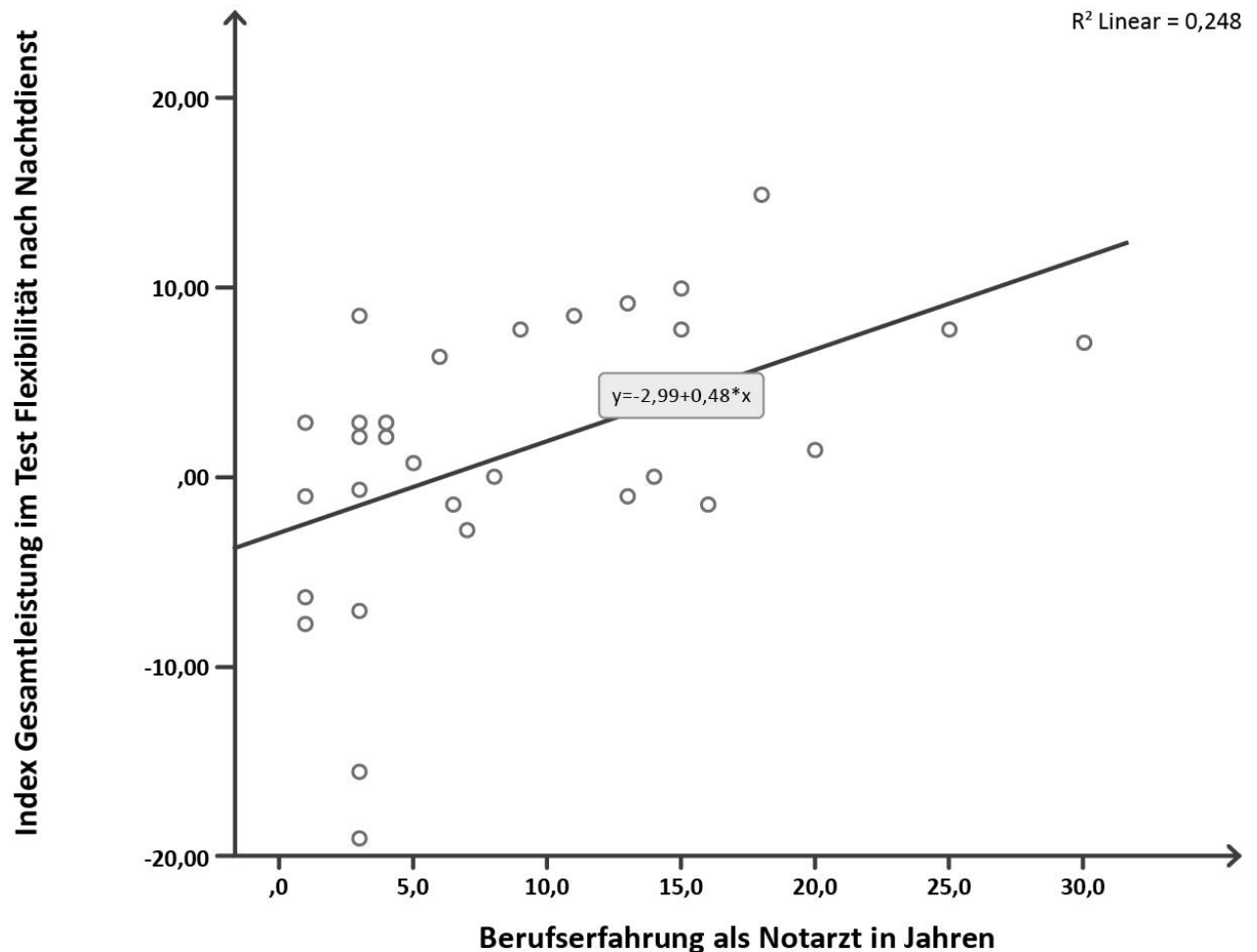


Abbildung 27: Zusammenhang *Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht* und *Berufserfahrung*
Die Berufserfahrung der Notärzte stellte einen signifikanten Einflussfaktor auf die Gesamtleistung dar.

Probanden, welche Koffein im Nachtdienst einnahmen, schnitten im Test Flexibilität nach Nachtdienst signifikant besser ab, als Probanden ohne Koffeinnahme ($t(28) = -2,429$; $p = 0,022$), vgl. Abbildung 28.

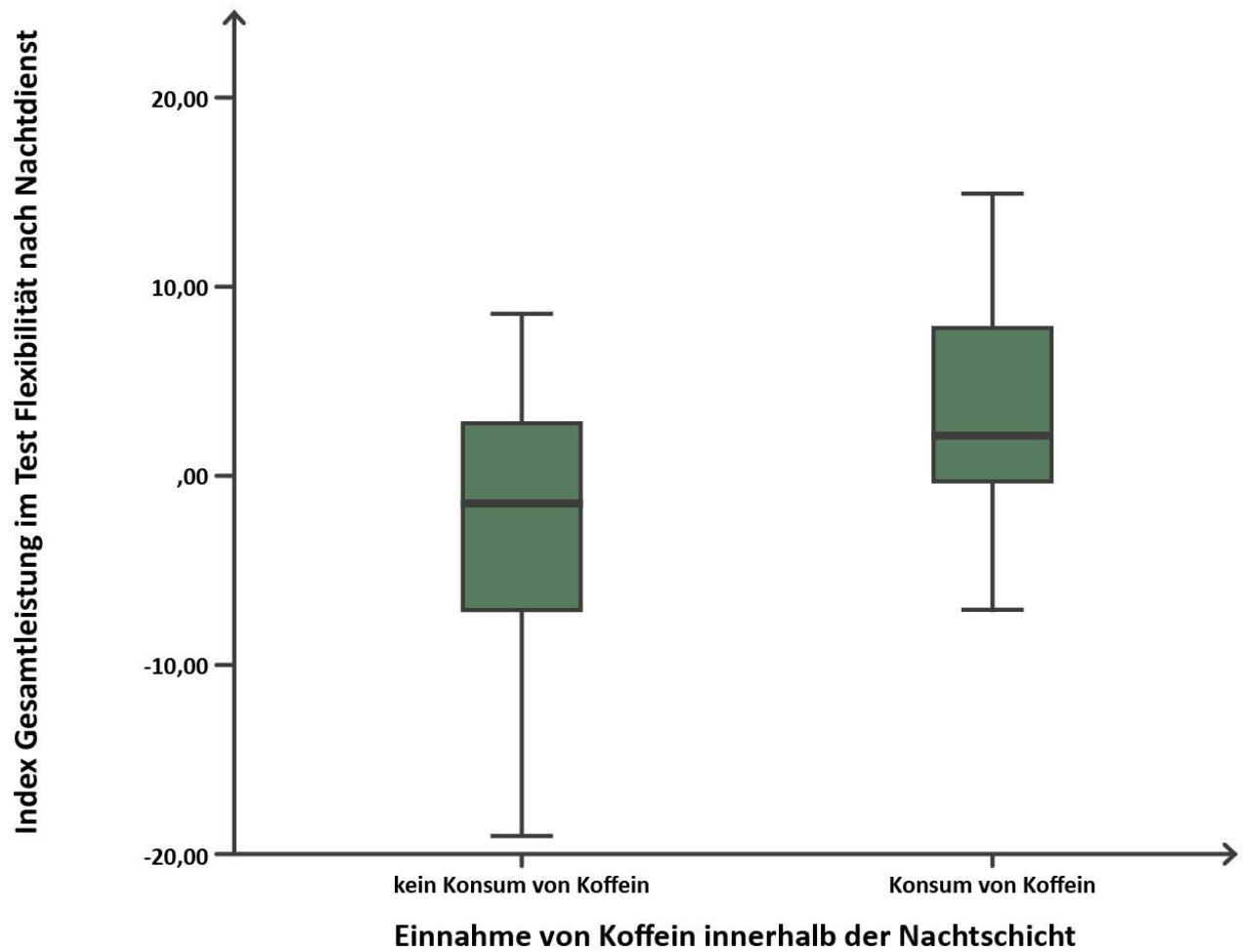


Abbildung 28: Zusammenhang Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht und Koffein
Der Konsum von Koffein im Nachtdienst stellte einen signifikanten positiven Einflussfaktor für die Gesamtleistung dar.

Außerdem erreichten Fachärzte nach dem Nachtdienst im Mittel einen höheren Wert der Gesamtleistung ($M = 3,3$; $SD = 6,7$) als Assistenzärzte ($M = -2,2$; $SD = 7,5$), vgl. Abbildung 29. Der Faktor *Weiterbildungsstatus* hat mit $p = 0,047$ und $t(28) = -2,082$ einen signifikanten Einfluss auf *Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht*.

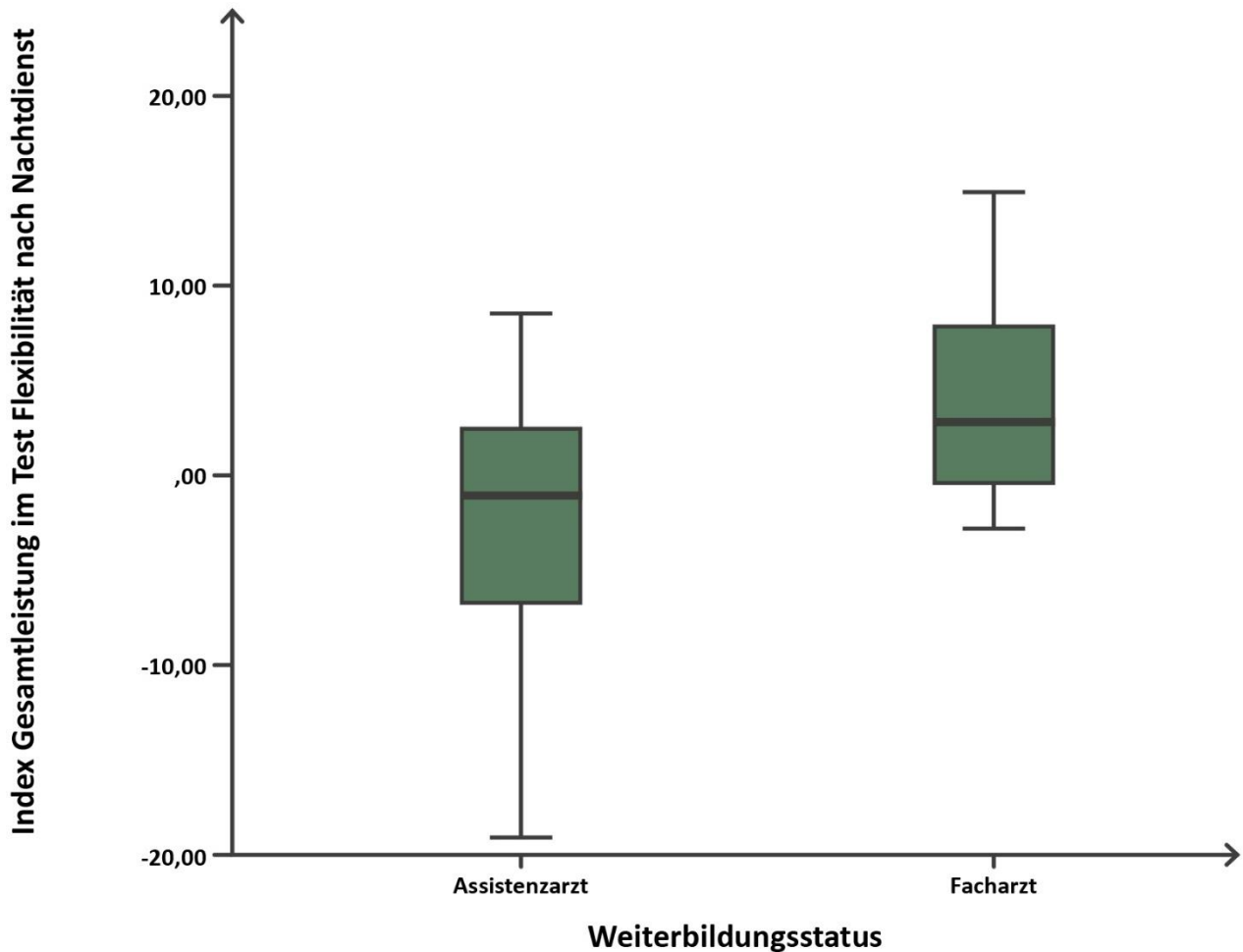


Abbildung 29: Zusammenhang *Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht* und *Weiterbildungsstatus*
Der *Weiterbildungsstatus* stellte einen signifikanten Einflussfaktor auf die Gesamtleistung nach Nachtdienst dar: Fachärzte erzielten hierbei bessere Leistungen als Assistenzärzte.

Die Differenz der Gesamtleistung hängt signifikant nur von der Einnahme von Koffein ab ($t(28) = 2,126$; $p = 0,042$). Ohne Koffein-Konsum war die Differenz der Gesamtleistung höher. Der Konsum von Koffein innerhalb des Nachtdienstes bedingt somit eine geringere Nachtdienst-bedingte Verschlechterung der Gesamtleistung (vgl. Abbildung 30).

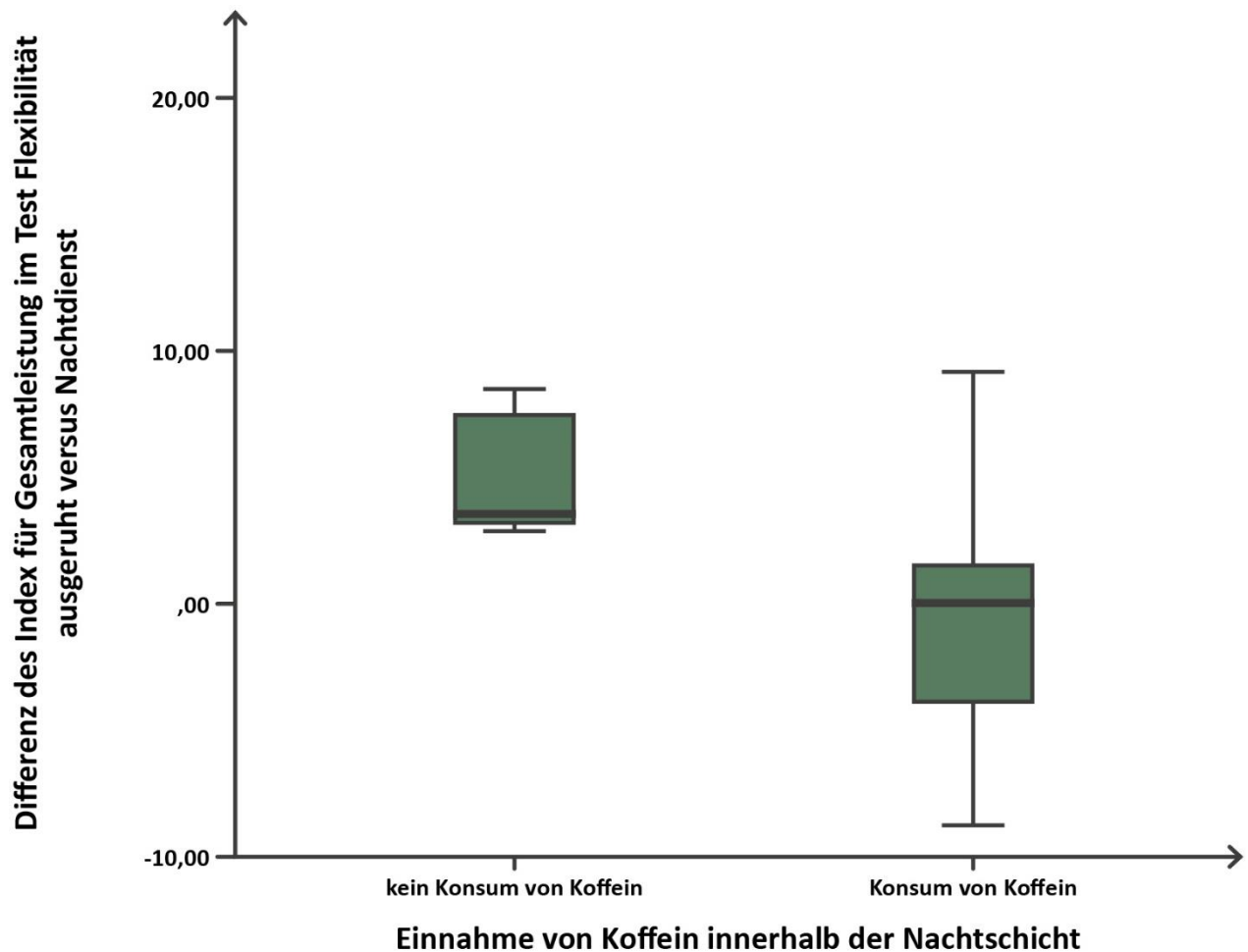


Abbildung 30: Zusammenhang Flexibilität_Diff_Gesamtleistung und Koffein
Der Konsum vom Koffein stellte einen signifikanten Einflussfaktor auf die Nachtdienst-bedingte Veränderung der Gesamtleistung dar.

3.5.2.4 Geteilte Aufmerksamkeit

Wie in Kapitel 2.6.2 erwähnt, ist im Untertest *Geteilte Aufmerksamkeit* das wichtigste Kriterium die Anzahl der Auslassungen, was am Ehesten mit der Fähigkeit der Aufmerksamkeitsteilung korreliert. Mittels Regressionsanalyse zeigte sich, dass *Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Auslassungen* signifikant von der Empfindung des Dienstes abhängt ($F(1,28) = 4,595$; $p = 0,041$). Je stressiger die Notärzte den Nachtdienst einstufen, desto höher war die Differenz der Auslassungen, bzw. die Nachtdienst-bedingte Anzahl an Auslassungen (vgl. Abbildung 31).

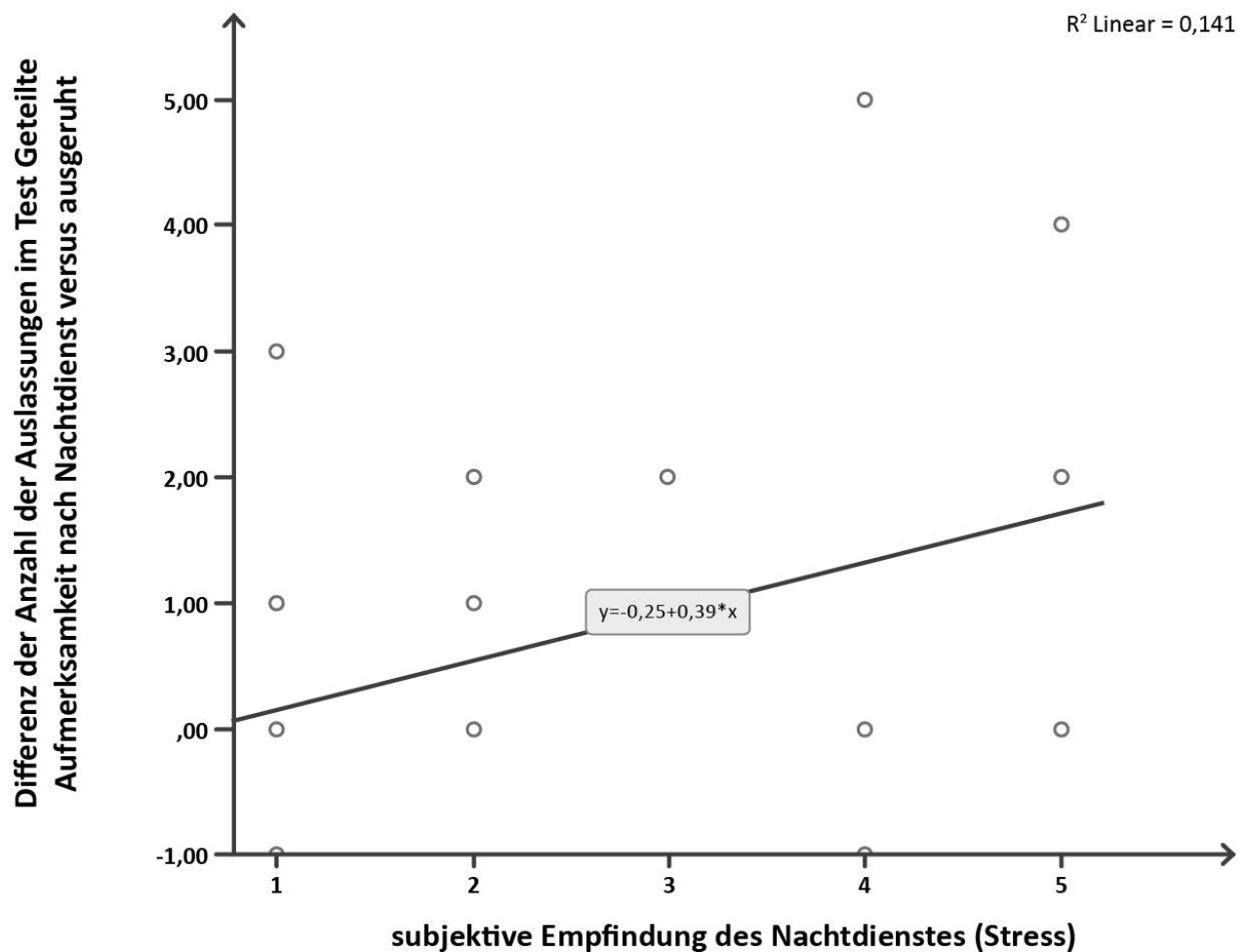


Abbildung 31: Zusammenhang *Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Auslassungen* und subjektive Empfindung des Dienstes
Die Nachtdienst-bedingte Verschlechterung der Geteilten Aufmerksamkeit wurde von der subjektiven Empfindung des Nachtdienstes signifikant beeinflusst.

Ein weiterer signifikanter Einflussfaktor für *Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Auslassungen* stellt die Differenz des negativen Affekts dar ($F(1,28) = 4,599$; $p = 0,041$). Je schlechter die Stimmung nach dem Nachtdienst im Vergleich zum ausgeruhten Zustand war, desto mehr Reize wurden von den Probanden nach dem Nachtdienst im Vergleich zu ausgeruht ausgelassen, vgl. Abbildung 32.

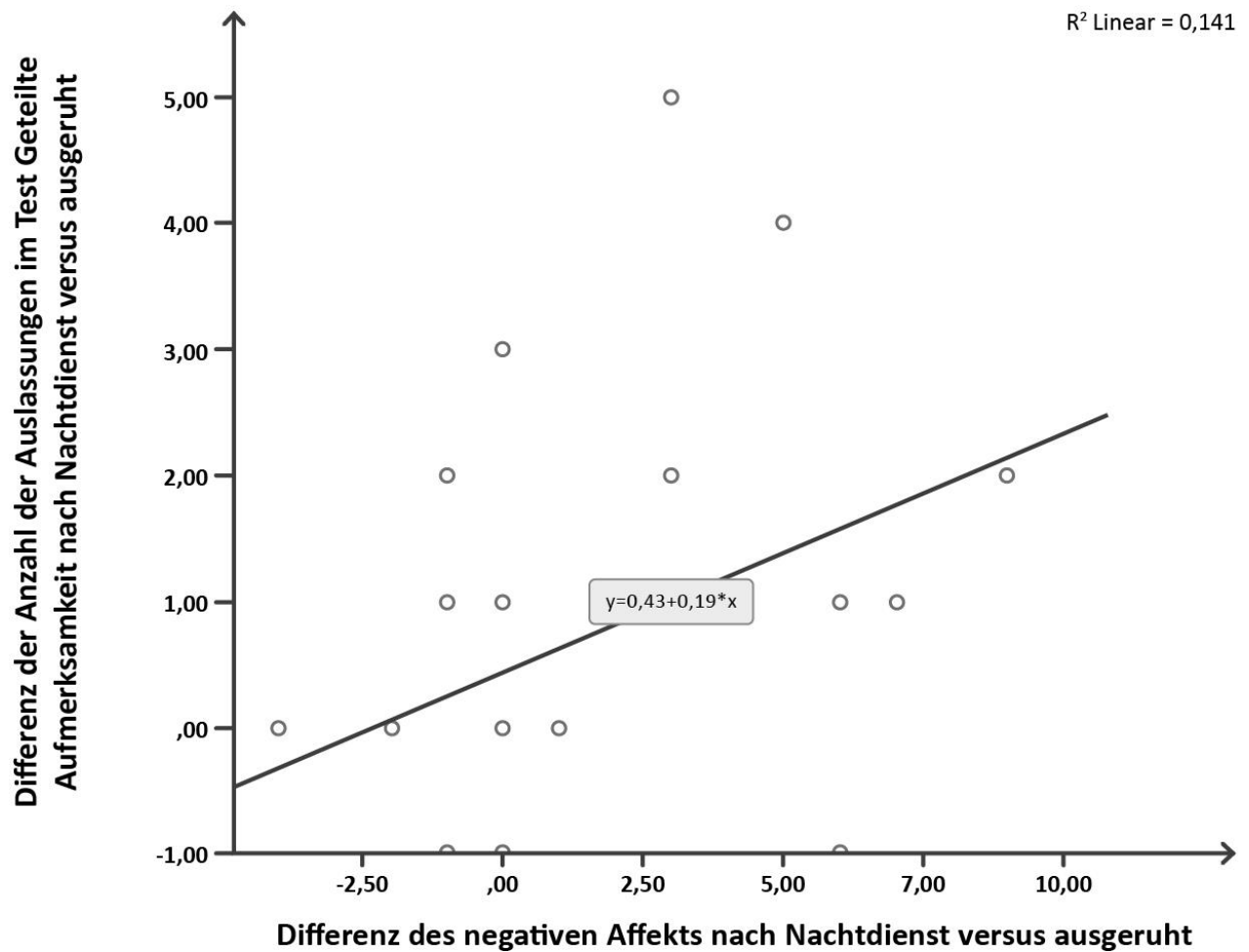


Abbildung 32: Zusammenhang *Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Auslassungen* und *PANAS_Neg_Nacht*
Die Nachtdienst-bedingte Verschlechterung der Stimmung zeigte einen positiven Zusammenhang mit der Nachtdienst-bedingten Verminderung der Geteilten Aufmerksamkeit.

Bei der nicht-normalverteilten Variable *Geteilte Aufmerksamkeit_Fehler_Nacht* werden in Korrelationsanalysen nach Spearman signifikante Zusammenhänge mit den folgenden Variablen gefunden:

			<i>Geteilte Aufmerksamkeit_Fehler_Nacht</i>
Spearman-Rho	<i>Nacht_Zeit_Schlaf</i>	Korrelationskoeffizient	,517**
		Signifikanz	,003
	<i>Subjektive_Empfindung_Dienst</i>	Korrelationskoeffizient	-,489**
		Signifikanz	,006

Tabelle 10: Korrelation von *Geteilte Aufmerksamkeit_Fehler_Nacht* mit *Nacht_Zeit_Schlaf* bzw. *subjektive_Empfindung_Dienst*. Die Fehleranzahl nach Nachtdienst zeigten einen signifikanten Zusammenhang mit der Menge der Schlafes sowie mit der subjektiven Empfindung des Nachtdienstes.

Die Fehleranzahl zeigt somit einen positiven Zusammenhang mit der Menge des Schlafes im Nachtdienst und einen negativen Zusammenhang mit der subjektiven Empfindung des Dienstes.

Ein signifikanter Prädiktor für die Variable *Geteilte Aufmerksamkeit_Fehler_Nacht* stellt die letzte Aktivität vor dem Nachtdienst dar. Probanden, die vor dem Nachtdienst gearbeitet hatte, hatten signifikant weniger Fehler und somit eine bessere Leistung in der geteilten Aufmerksamkeit als Probanden, die vorher Freizeit hatten ($z = -3,311$; $p = 0,001$).

Für die normalverteilte Variable *Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler* werden mittels Regressionsanalysen die signifikanten Einflussfaktoren *Nacht_Zeit_Schlaf* ($F(1,28) = 5,117$; $p = 0,032$), *Zeit_Schlaf_Diff* ($F(1,28) = 5,319$; $p = 0,029$), *Nacht_Empfindung_Dienst* ($F(1,28) = 6,350$; $p = 0,018$) gefunden. Die folgenden Diagramme zeigen, dass, je stressiger der Dienst empfunden wurde und je geringer die Menge an Schlaf im Nachtdienst, sowohl absolut, als auch im Vergleich zu ausgeruht (*Zeit_Schlaf_Diff*) war, desto kleiner war die Anzahl der Nachtdienstbedingten Fehler.

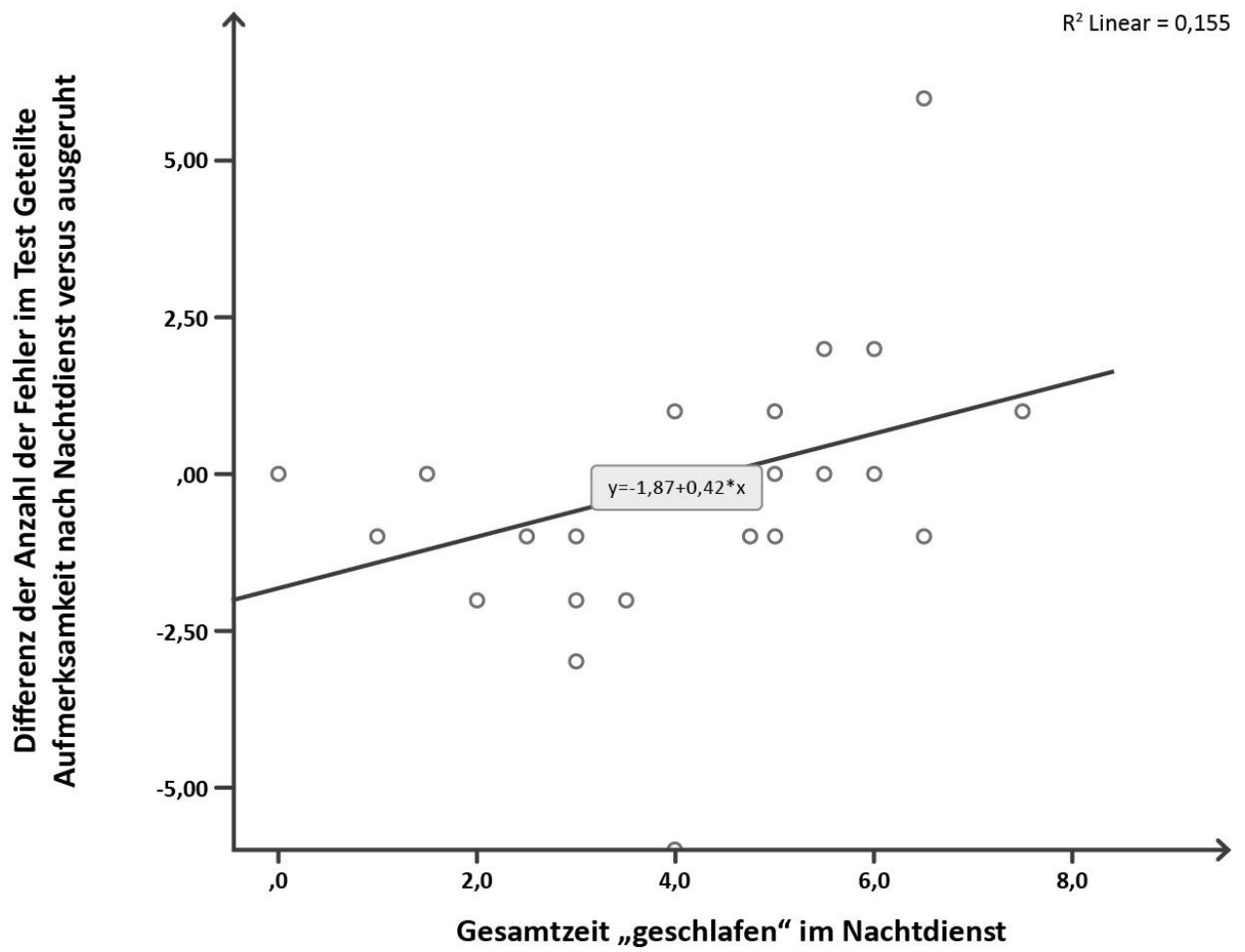


Abbildung 33: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler und Nacht_Zeit_Schlaf
 Die Menge an Schlaf im Nachtdienst stellte einen signifikanten Einflussfaktor für die Nachtdienst-
 bedingte Fehlerzahl dar.

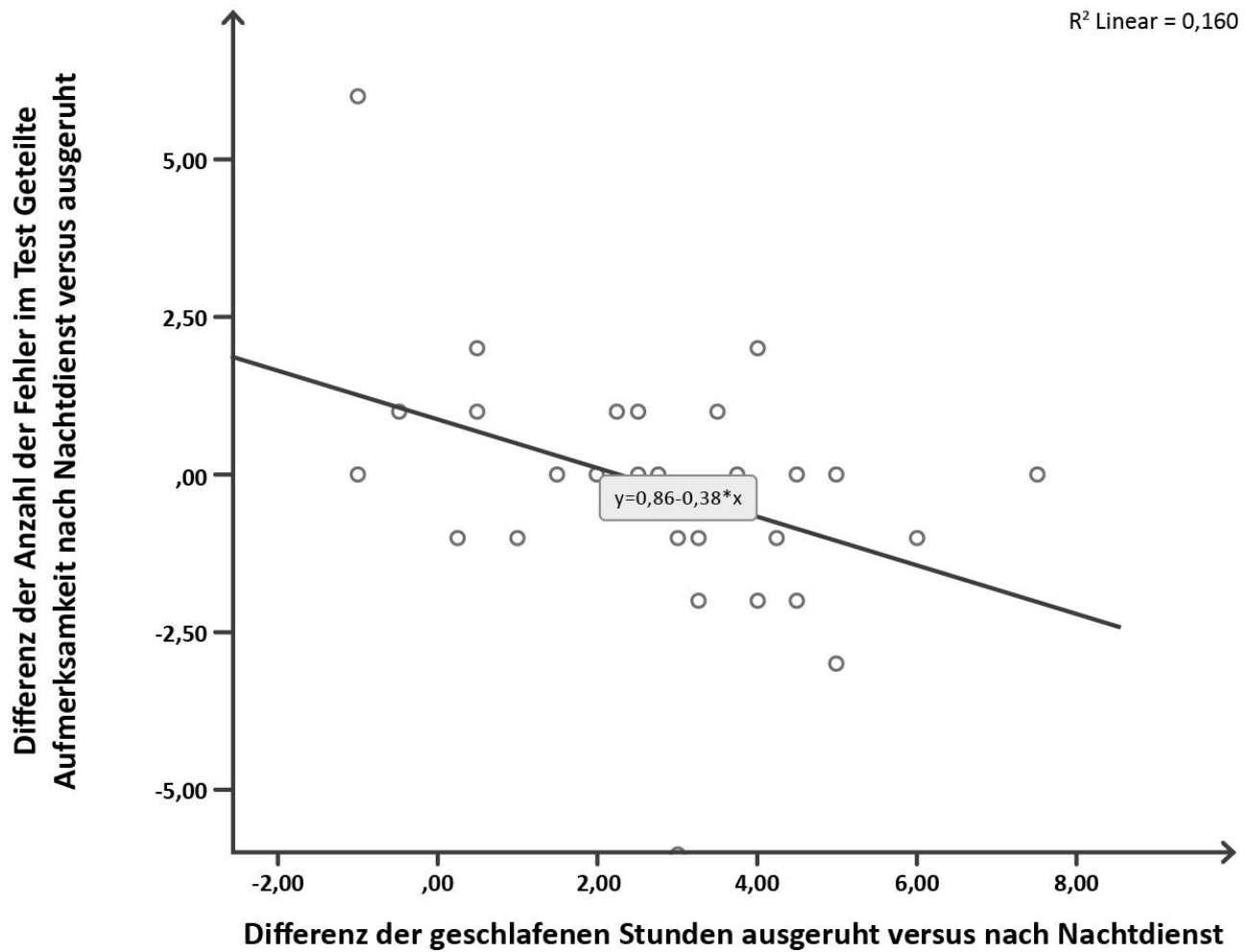


Abbildung 34: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler und Zeit_Schlaf_Diff
Die Nachtdienst-bedingte Differenz der Menge an Schlaf stellte einen signifikanten Einflussfaktor für die Nachtdienst-bedingte Fehlerzahl dar.

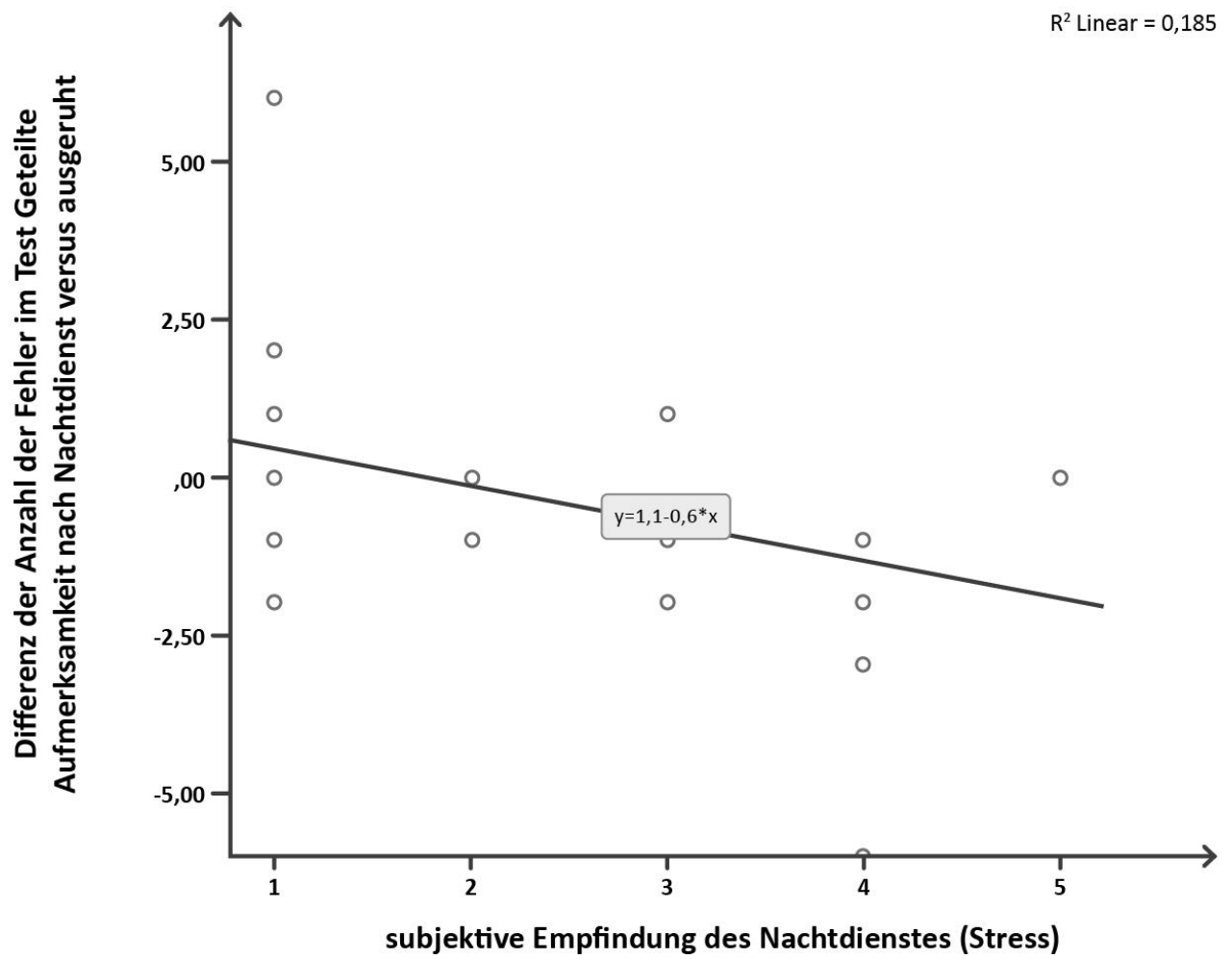


Abbildung 35: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler und subjektive_Empfindung_Dienst
 Die subjektive Stress-Empfindung im Nachtdienst stellte einen signifikanten Einflussfaktor für die Nachtdienst-bedingte Fehlerzahl dar.

Weiterhin ist die Fehlerdifferenz signifikant von der letzten Aktivität vor dem Nachtdienst abhängig ($t(28) = -3,615$; $p = 0,001$). Hatten die Probanden vor dem Nachtdienst gearbeitet, so hatten sie im Mittel nach Nachtdienst ca. einen Fehler weniger als ausgeruht ($M = -1,25$). Die Probanden, die vor dem Nachtdienst Freizeit hatten, machten nach Nachtdienst im Mittel ca. ein Fehler mehr als ausgeruht ($M = 0,93$), vgl. Abbildung 36.

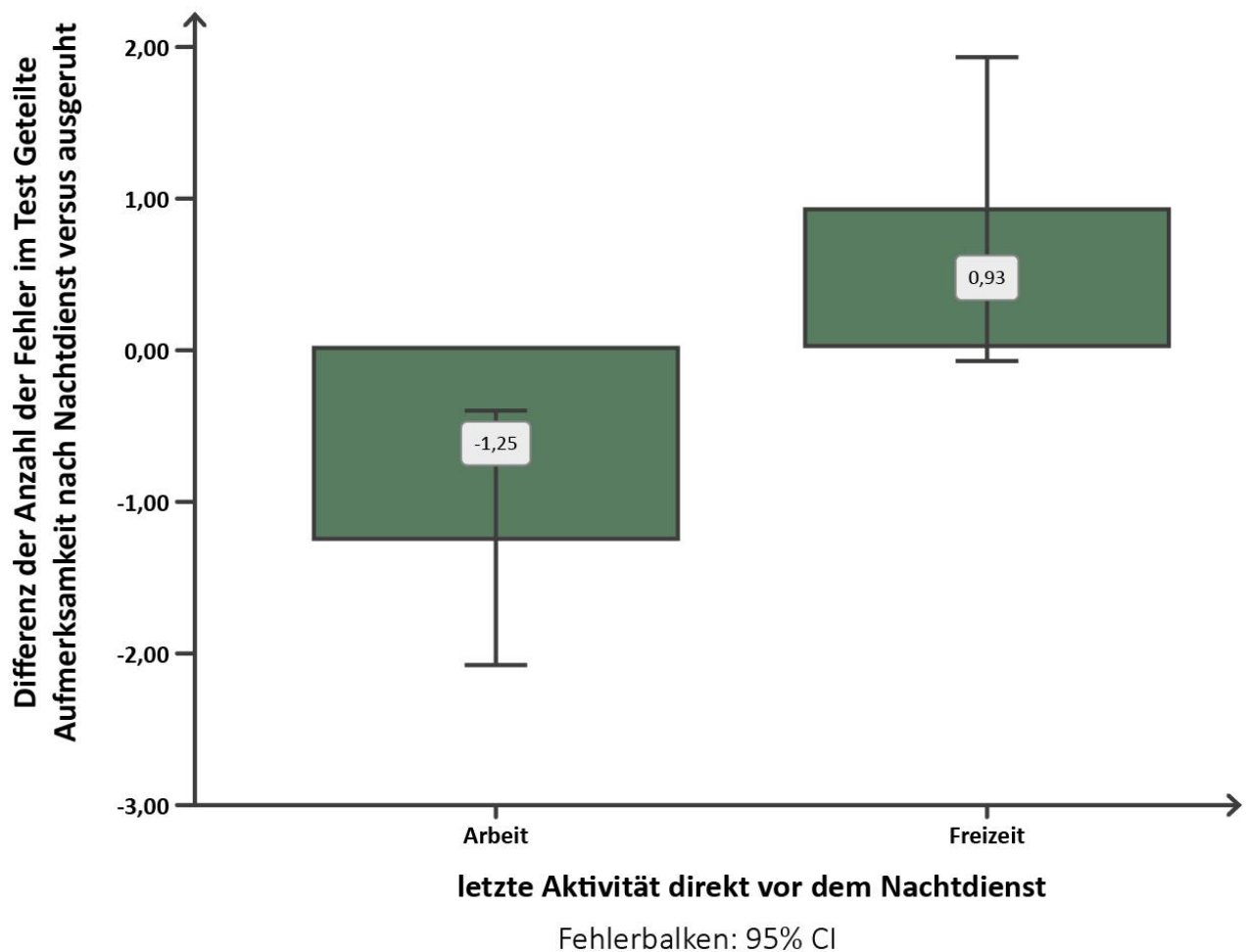


Abbildung 36: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler und Nacht_letzte_Aktivität
Die letzte Aktivität vor dem Dienst war ein signifikanter Einflussfaktor für die Nachtdienst-bedingte Fehlerzahl.

3.5.2.5 Inkompatibilität

Die Differenz der Fehlerzahl korreliert signifikant mit dem negativen Affekt nach Nachtdienst ($r_s = -0,365$; $p = 0,047$). Ein hoher negativer Affekt nach dem Nachtdienst hängt mit einer geringen Nachtdienst-bedingter Anzahl von Fehlern zusammen, vgl. Abbildung 37.

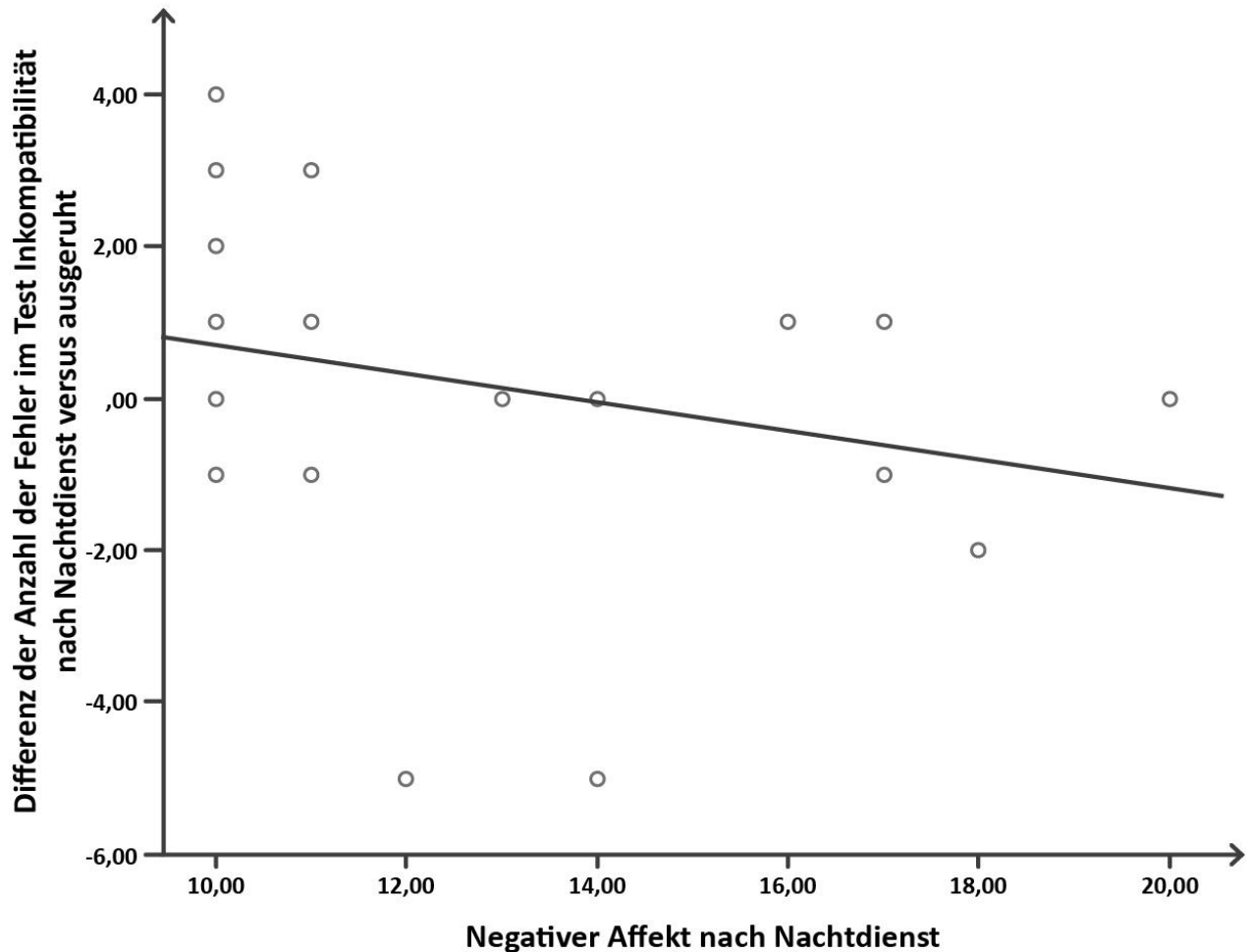


Abbildung 37: Zusammenhang *Inkompatibilität_Diff_Fehler* und *PANAS_Neg_Nacht*
Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Negativen Affekt nach Nachtdienst und der Nachtdienst-bedingten Anzahl an Fehlern.

Für die Reaktionszeit nach Nachtdienst sowie für die Differenz zwischen Nachtdienst und ausgeruhter Testung stellt die letzte Aktivität vor dem Nachtdienst einen signifikanten Einflussfaktor dar. So werden für beide Variablen im ungepaarten t-Test signifikante Gruppenunterschiede gefunden: $t(28) = 2,125$; $p = 0,043$ für *Inkompatibilität_Reaktionszeit_Nacht* und $t(28) = 2,609$; $p = 0,014$ für *Inkompatibilität_Diff_Reaktionszeit*. Mussten die Notärzte direkt vor ihrem Nachtdienst arbeiten, so war ihre Reaktionszeit als auch die Nachtdienst-bedingte Veränderung der Reaktionszeit im Mittel länger als bei den Notärzten, welche vorher Freizeit hatten (vgl. Abbildung 38 und Abbildung 39).

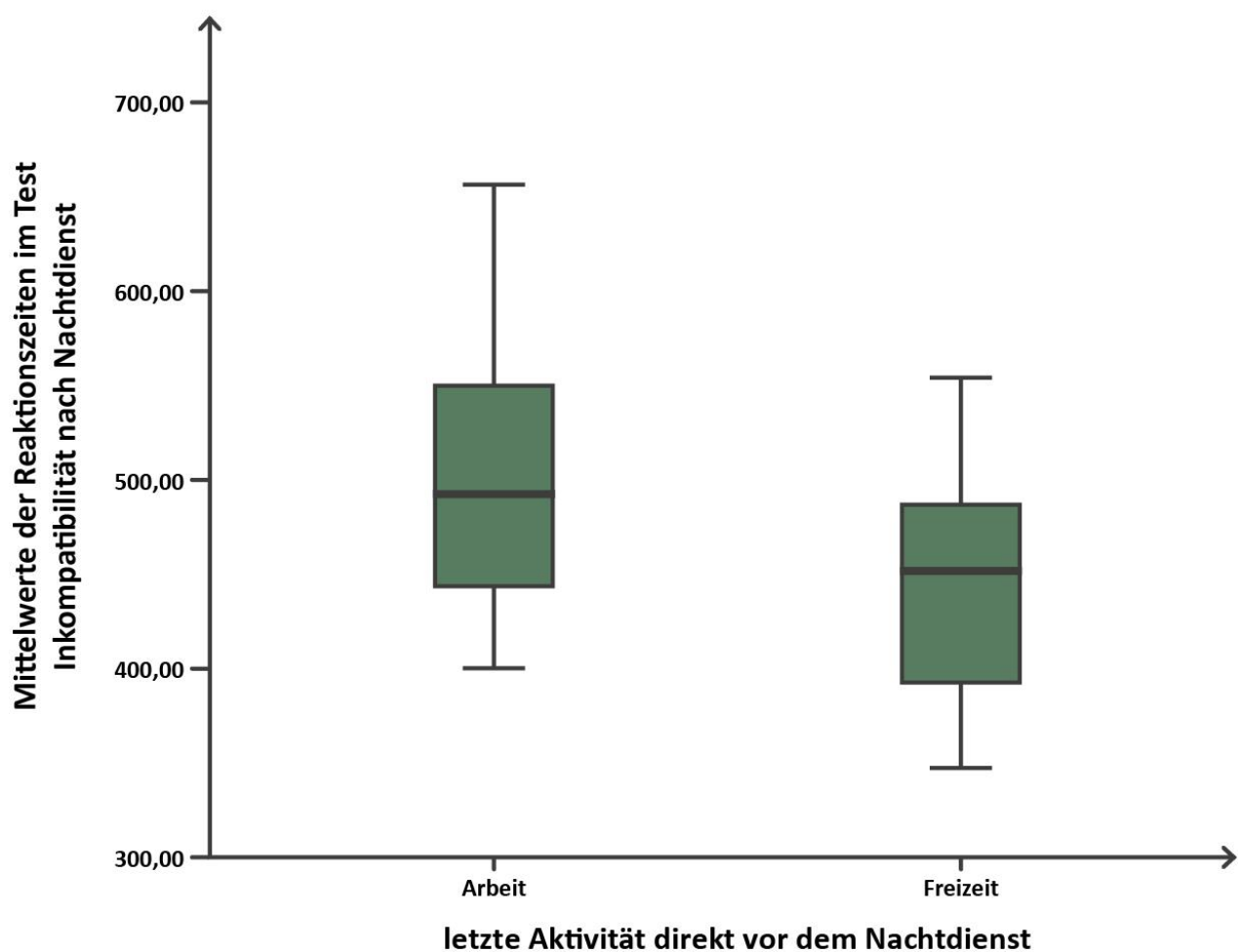


Abbildung 38: Zusammenhang *Inkompatibilität_Reaktionszeit_Nacht* und *Nacht_letzte_Aktivität*
 Die letzte Aktivität vor dem Nachtdienst war ein signifikanter Einflussfaktor für die Reaktionszeiten nach Nachtdienst. Freizeit vor dem Dienst war mit schnellere Reaktionen assoziiert.

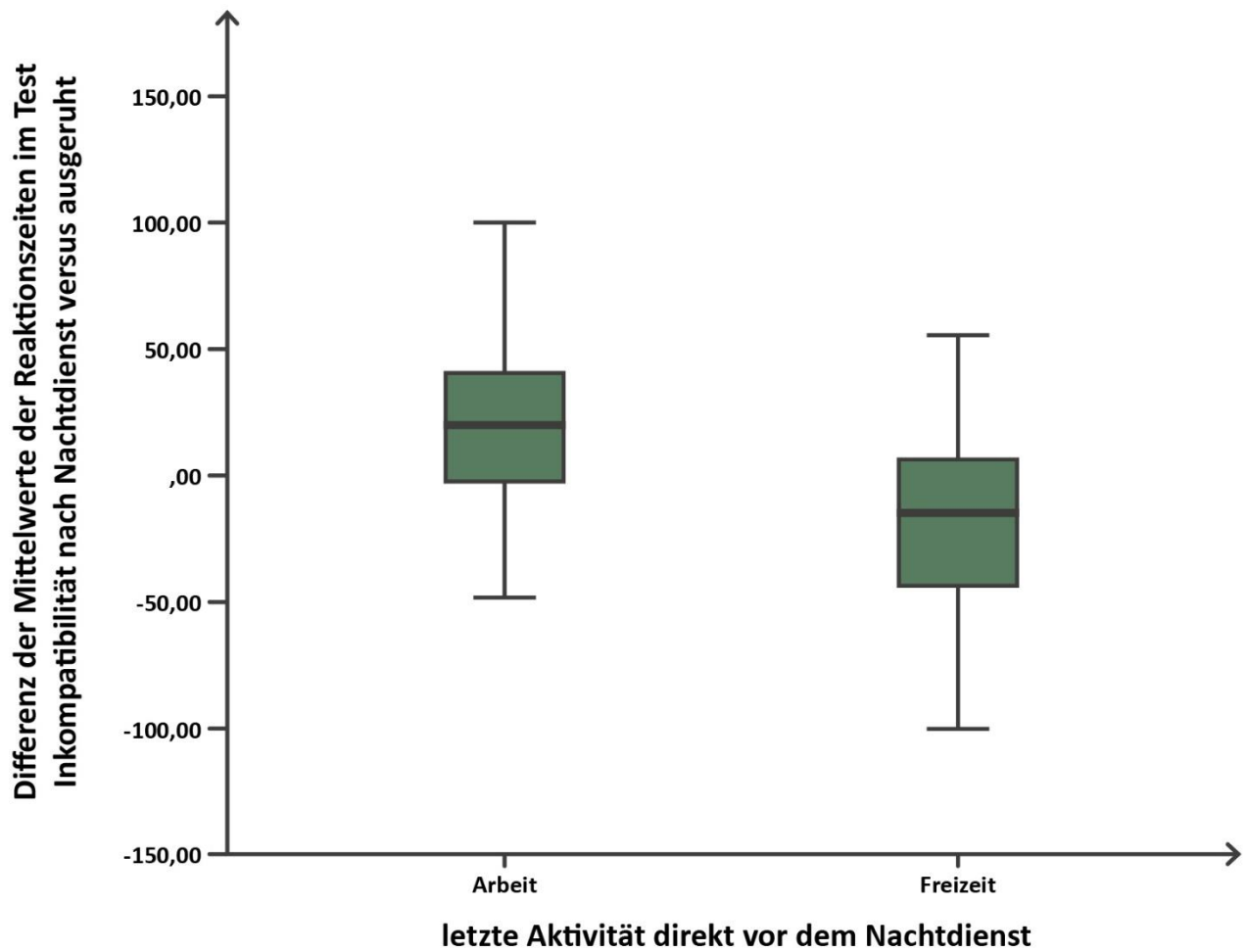


Abbildung 39: Zusammenhang Inkompatibilität_Diff_Reaktionszeit und Nacht_letzte_Aktivität
 Die letzte Aktivität vor dem Nachtdienst war ein signifikanter Einflussfaktor für die Nachtdienst-
 bedingte Veränderung der Reaktionszeiten. Freizeit vor dem Dienst war mit einer verminderten
 Nachtdienst-bedingten Differenz der Reaktionszeiten assoziiert.

4 Diskussion

Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass Stress und Schlaflosigkeit während eines Nachtdienstes bei Notärzten schlechte Stimmung und ein Defizit in der kognitiven Leistungsfähigkeit herbeiführen. Die Richtigkeit der Hypothese soll anhand der Ergebnisse unserer Studie und den Erkenntnissen der Literatur diskutiert werden.

4.1 Besonderheiten des Notarztdienstes

Der Notarztdienst unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht vom normalen Bereitschaftsdienst der übrigen Fachgebiete. So ist die Arbeit als Notarzt häufig eine Nebentätigkeit, die üblicherweise neben der hauptsächlichsten Arbeit als Assistenz- oder Facharzt für Anästhesie, Chirurgie, Innere Medizin o.Ä. ausgeführt wird. Dies hat zur Folge, dass es für den betroffenen Arzt schwierig sein kann, die Dienstpläne beider Tätigkeiten abzustimmen. So kommt es vor, dass auf einen Nachtdienst als Notarzt eine normale Tagschicht in der Klinik oder Praxis folgt.

Eine weitere Besonderheit in der Notfallmedizin stellt die mangelnde Vorhersehbarkeit der Arbeitslast dar. Schon in unserer kleinen Studie ist deutlich zu sehen, dass die Arbeitsbelastung im Notarztdienst sehr stark variieren kann. Während beispielsweise bei Nachtarbeit in der Fabrik der Schlafentzug eine voraussehbare Bedingung darstellt, kann dieser bei einem Nachtdienst in der Notfallmedizin kaum vorher abgeschätzt werden [53]. In der Luftrettung spielen auch die Witterungsbedingungen eine große Rolle. Insbesondere schlechte Sichtbedingungen sowie Gewitter und gefrierender Regen stellen Voraussetzungen dar, unter denen Rettungsflüge häufig nicht durchgeführt werden können. Laut einer dreijährigen Studie in Mecklenburg-Vorpommern ist bei 5,6 % aller Notfälle ein Luftrettungseinsatz aufgrund der meteorologischen Gegebenheiten nicht möglich [54].

Die Notfallmedizin ist ein akutmedizinischer Fachbereich. Hierbei handelt es sich meist um Situationen, die mit absoluter Dringlichkeit behandelt werden müssen und immer mit potenzieller Lebensgefahr einhergehen. Dies unterscheidet sich stark von anderen Fachgebieten und bedeutet für den Arzt eine hohe Verantwortung, die eine seelische Belastung darstellen kann. In ihrem Buch *Psychologie in Notfallmedizin und Rettungsdienst* beschreiben die Autoren Bengel und Heinrich die Tätigkeit des Rettungspersonals wie folgt: „Die Arbeit ist gekennzeichnet durch Zeit- bzw.

Leistungsdruck am Einsatzort, häufiges Erleben von schwerwiegenden oder tödlichen Verletzungen und Erkrankungen, Warten auf den nächsten Einsatz, Nachtschichten, Erfahrung von Misserfolg und häufig fehlendes Feedback über den weiteren Verlauf beim Patienten.“ [53]. Notärzte sind mit einer unbekannter Arbeitsumgebung, widrigen Umständen und schwierigen technischen Anforderungen konfrontiert. Auch das Patienten Klientel erstreckt sich über eine große Bandbreite (infektiöse Patienten, drogenabhängige bzw. alkoholisierte Patienten, suizidgefährdete Patienten, usw.). Dies bedeutet für das Rettungspersonal hohe fachspezifische Anforderungen [53].

4.2 Auswirkungen eines Nachtdienstes auf die Stimmung

Ob ein Nachtdienst Einfluss auf die Stimmung von Ärzten hat, kann mit zwei Strategien getestet werden. Zum einen im akuten Fall während bzw. direkt im Anschluss an einen Nachtdienst, zum anderen im langfristigen Setting nach mehreren Nachtdiensten bzw. einer Periode mit bestimmten Nachtdienst-Modellen. Ersteres wurde in einer Studie im Jahr 2006 getestet, die zeigte, dass die Stimmung von Ärzten nicht durch einen Nachtdienst bzw. durch akuten Schlafmangel beeinflusst wird [55]. Gegenteilig berichten andere Studien, dass sich Ärzte während bzw. kurz nach Nachtdiensten launisch und bedrückt fühlten [56,57]. Auch die Empathie war nach akutem Schlafentzug beeinträchtigt [16]. In einer longitudinalen Studie des *American Board of Emergency Medicine* mit 819 Notärzten, die im Jahr 2008 veröffentlicht wurde, gaben die Teilnehmer an, dass Nachtdienste einen negativen Einfluss auf die Zufriedenheit in der Arbeitsstelle haben und zu Gereiztheit und Missstimmung führen [58]. In einer weiteren Studie wurden verschiedene Schichtpläne von Ärzten auf deren Auswirkungen getestet. Hatten die Ärzte jede zweite Nacht Bereitschaftsdienst, so hatte dies die deutlichste negative Auswirkung auf die Stimmung [59]. Im Vergleich von Tag- und Nachtarbeit gaben Ärzte an, bei Tagarbeit glücklicher und weniger schläfrig zu sein, als bei Nachtarbeit [10]. Es wird also in der Literatur kontrovers diskutiert, inwieweit die Stimmung durch einen Nachtdienst, Nachtarbeit oder akuten bzw. chronischen Schlafentzug beeinflusst wird. Ein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse könnte sein, dass der Effekt von Schlafentzug auf die Stimmung vom individuellen zirkadianen Typ abhängig ist. Diese These belegt eine Studie aus dem Jahr 2007. Die Wissenschaftler fanden heraus, dass es einen signifikanten Einfluss darauf hat, inwieweit Schlafentzug und Schichtarbeit die Stimmung beeinträchtigt, abhängig davon, ob jemand ein *Morgen-* oder *Abendtyp* ist [60].

Dennoch gibt die Mehrzahl der Studien an, dass Nachtarbeit einen negativen Einfluss auf die Stimmung hat, was auch unserer Hypothese entsprach.

Anhand des PANAS-Fragebogens konnten wir bestätigen, dass ein Nachtdienst die Stimmung verschlechtert. Ein deutlicher Effekt war bei den positiven Emotionen zu erkennen, welche signifikant durch einen Nachtdienst vermindert wurden. Dies entspricht den Ergebnissen oben genannter Studien [10,58]. Des Weiteren war unser Ziel, herauszufinden, welche Faktoren die Verschlechterung der Stimmung bedingen. Hierbei konnte festgestellt werden, dass die Menge des Schlafs während des

Nachtdienstes die Stimmung nach dem Nachtdienst positiv beeinflusst. Außerdem hat sich ein deutlicher, positiver Zusammenhang zwischen dem Stresspegel eines Dienstes und der Stimmung der Ärzte gezeigt. Einen äußeren Faktor, welcher nicht direkt mit der Arbeitslast des Nachtdienstes zusammenhängt, stellt die Koffeineinnahme dar. Diese beeinflusst die Stimmung positiv.

Um den direkten Einfluss eines Nachtdienstes zu betrachten, stellt die Stimmungsdifferenz zwischen ausgeruhter Testung und Nachtdienst-Testung die passende Größe dar. Diese wird von den Faktoren *subjektive Empfindung des Dienstes* und *Einnahme von Koffein* beeinflusst. Somit ist die subjektive Stressempfindung eine bestimmende „Eigenschaft“ des Nachtdienstes, welche die Stimmung beeinflusst.

4.3 Einfluss eines Nachtdienstes auf die Selbsteinschätzung der kognitiven Fähigkeiten

Die Auswirkungen eines Nachtdienstes auf die kognitiven Fähigkeiten von medizinischem Personal werden in der Literatur seit vielen Jahren diskutiert.

Studien zeigten, dass die eigens wahrgenommene Leistungsfähigkeit und Produktivität bei Schlafentzug schlechter eingeschätzt wird [28]. Auch nach einem einzelnen Nachtdienst bewerten Ärzte ihre subjektive Aufmerksamkeit meist als schlechter [61].

Dies konnte in unserer Studie bestätigt werden. So schätzten sich die Notärzte nach einem Nachtdienst in allen drei Bereichen der kognitiven Fähigkeiten – Leistungsfähigkeit, Konzentrationsfähigkeit, Aufmerksamkeit – signifikant schlechter ein als ohne Nachtdienst. Auch der durchschnittliche subjektive Wachheitsgrad nach einem Nachtdienst liegt mit der durchschnittlichen Kategorie „müde, aber kein Problem, wach zu bleiben“ zwei Punkte unter dem der ausgeruhten Testung.

Hierbei ist interessant, inwieweit die subjektive Einschätzung durch objektiv messbare Daten validiert werden kann. Dies behandelte eine Arbeit der Universität Marburg, welche zu der Schlussfolgerung kam, dass die subjektiv empfundene vermehrte Schläfrigkeit nach dem Nachtdienst nicht mittels physiologischer Parameter wie der Cortisolkonzentration im Speichel oder dem Pupillenunruheindex bestätigt werden konnte. Auch inwieweit die objektivierete vermehrte Schläfrigkeit sich auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswirkt, wurde in dieser Studie anhand einer *Virtual-Reality-Simulation (VR-Simulation)* getestet. Durch den Nachtdienst waren die grundsätzlichen technischen Fähigkeiten am VR-Simulator nicht beeinträchtigt, jedoch verbesserten sich überraschenderweise die kognitiven Fähigkeiten bezüglich komplexer VR-Aufgaben signifikant [62].

Wie im folgenden Kapitel erörtert wird, stimmt die subjektive Selbsteinschätzung der Notärzte in unserer Studie in einigen Bereichen nicht mit den Ergebnissen der objektiven Messungen durch die TAP überein. Die Selbsteinschätzung der kognitiven Fähigkeiten war durch einen Nachtdienst deutlich beeinträchtigt. Dahingegen konnten bei der Messung durch die TAP in einigen Bereichen der kognitiven Fähigkeiten keine signifikanten Beeinträchtigungen festgestellt werden.

4.4 Einfluss eines Nachtdienstes auf die kognitiven Fähigkeiten

Mehrere Studien belegen, dass sich die kognitive Leistungsfähigkeit durch Nachtdienste verschlechtert [5,63]. Andere Studien finden keine negativen Effekte eines Nachtdienstes auf kognitive oder psychomotorische Funktionen [27,64–66]. Einige Studien zeigen sogar eine Verbesserung bestimmter kognitiver Fähigkeiten nach Bereitschaftsdienst [61,62].

Die kognitive Leistungsfähigkeit umfasst, wie in der Einleitung erörtert, ein weites Spektrum an verschiedensten Gedächtnisleistungen. Somit stellt sich die Frage, inwieweit die verschiedenen Einzelkompetenzen von einem Nachtdienst beeinträchtigt werden. In unserer Studie konnten wir nur in den Teilbereichen *Alertness* und *Geteilte Aufmerksamkeit* eine signifikante Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit „nach Nachtdienst“ im Vergleich zu „ausgeruht“ messen. In den Bereichen *Arbeitsgedächtnis*, *Flexibilität* und *Inkompatibilität* konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Ein häufig gemessener Indikator für die Leistungsfähigkeit ist die Reaktionszeit. Diese ist eine einfach zu messende objektive Größe. Benutzt wurde sie beispielsweise von einer Studie, die im Jahr 2016 veröffentlicht wurde. Hier wurde ein signifikanter Anstieg der Reaktionszeiten nach einem Nachtdienst gemessen [67]. Eine Studie von 2003 stellte ebenso einen signifikanten Anstieg der Reaktionszeiten fest [68]. Bei einer Studie mit einer Laparoskopie-Simulation zeigten Chirurgen verminderte Schnelligkeit und Genauigkeit nach einer Bereitschaftsdienst-Nacht [63]. Diese Ergebnisse können in unserer Studie bestätigt werden. Beim Test *Alertness* ist sowohl die Reaktionszeit ohne Warnsignal sowie die Reaktionszeit mit Warnsignal durch einen Nachtdienst signifikant verlängert. Somit sind beide Aspekte der *Alertness*, die *tonische Alertness* (entspricht dem allgemeinen Wachheitsgrad) sowie die *phasische Alertness* (die Fähigkeit, auf einen Warnreiz hin, die Aufmerksamkeit kurzfristig zu steigern), durch einen Nachtdienst beeinträchtigt.

Während eine einfache Messung der Reaktionszeit ein Indikator für die allgemeine Wachheit ist, müssen für eine Abbildung der komplexeren neurokognitiven Bereiche andere Indikatoren und aufwendigere Tests eingesetzt werden. Das *Arbeitsgedächtnis* und weitere komplexe Aspekte der kognitiven Fähigkeiten wurden in einer Studie von 2013 untersucht. Es wurde eine signifikante Verschlechterung von *Gedächtnis* und

Wörter-Lernen nach einem Nachtdienst gefunden, jedoch keine Unterschiede in den Bereichen *Arbeitsgedächtnis* und *Daueraufmerksamkeit* [23]. Wird ein längerer Messzeitraum betrachtet, können auch in komplexeren kognitiven Funktionen Defizite festgestellt werden. Studien belegen, dass kumulativer Schlafentzug, beispielsweise nach einer Serie von fünf Nachtdiensten im Rettungsdienst, zu verminderter Aufmerksamkeit und zu einer beträchtlichen Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit führen [24]. Bei den komplexeren kognitiven Funktionen konnte in unserer Studie im Test *Geteilte Aufmerksamkeit* schon nach einem Nachtdienst eine Verschlechterung festgestellt werden. Nach dem Nachtdienst wurden signifikant mehr Reize verpasst als nach der dienstfreien Nacht. Wie in Kapitel 2.6.2 genannt, stellt die Anzahl der versäumten Signale das entscheidende Interpretationskriterium dar. Somit führt ein Nachtdienst zu einem Defizit in der Aufmerksamkeitsteilung, welche einen wichtigen Teil der kognitiven Leistungsfähigkeit im medizinischen Bereich darstellt.

Neben der statistischen Datenanalyse wurde jedoch in Anbetracht der geringen Probandenzahl auch eine deskriptive Betrachtung der Ergebnisse durchgeführt. Hier zeigte sich im Test *Flexibilität* nach einem Nachtdienst eine durchschnittliche Verlängerung der Reaktionszeiten sowie eine erhöhte Fehleranzahl. Dieser kognitive Teilbereich beschreibt die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit ständig auf neue, relevante Ausschnitte der Situation auszurichten. Die Gesamtleistung im Test *Flexibilität* war nach Nachtdienst durchschnittlich niedriger als ausgeruht. Deskriptiv lässt sich auch beim Test *Inkompatibilität* eine Verschlechterung der kognitiven Leistung durch den Nachtdienst erkennen, sowohl in der Fehleranzahl als auch in der Reaktionszeit.

Einzig im Test *Arbeitsgedächtnis*, welcher eine komplizierte Denkaufgabe als Messung benutzt, kann entgegen unserer Erwartungen keine Testverschlechterung durch Nachtdienst beobachtet werden. Die durchschnittliche Anzahl der Fehler ist bei der ausgeruhten Testung sogar höher als bei der Nachtdienst-Testung.

Unsere Studie zeigte, dass durch einen Nachtdienst vor allem Defizite im allgemeinen Wachheitsgrad und in der Aufmerksamkeitsteilung zu verzeichnen sind. Doch nach deskriptiver Betrachtung der Ergebnisse lässt sich annehmen, dass auch die Teilaspekte Aufmerksamkeitsfokussierung und Flexibilität durch einen Nachtdienst beeinträchtigt sind.

4.5 Einflussfaktoren auf die Auswirkungen eines Nachtdienstes

Ergänzend wurde in unserer Studie erforscht, von welchen Umständen und Faktoren es abhängt, ob und inwieweit durch einen Nachtdienst Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit sichtbar werden.

Unseren Erwartungen nach sollte die Nachtdienst-bedingte Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit stark von der individuellen Arbeitsbelastung abhängen. Die Faktoren, welche in unserer Studie die Arbeitsbelastung abbildeten, waren die Anzahl der Einsätze, die Menge des Schlafs, die Anzahl der Unterbrechungen des Schlafs sowie die subjektive Stressempfindung und die Stimmung nach dem Nachtdienst.

Erkenntnisse dazu fand eine Studie aus dem Jahr 1990, die eine signifikante Korrelation zwischen der Menge des Schlafentzugs und der Höhe des Testscores der kognitiven Leistungsfähigkeit fand [28]. Chang et al. fanden einen Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und Wachsamkeit und der Anzahl an Notfällen während eines Bereitschaftsdienstes von Anästhesisten [23].

Dies konnte in unseren Untersuchungen bestätigt werden: Je höher die Anzahl der Einsätze war, desto deutlicher zeigte sich eine Verlangsamung der Reaktionsgeschwindigkeit in der Subkategorie *Flexibilität* (vgl. 3.5.2.3, Abbildung 24).

Demgegenüber steht eine Studie zur Nachtarbeit in der Notfallmedizin, welche keine Korrelation zwischen den kognitiven Leistungen und der Arbeitsbelastung im Dienst (gemessen an der Einsatzzahl) nachweisen konnte [22].

Unsere Ergebnisse zeigten, dass die Stimmung einen signifikanten Einflussfaktor auf mehrere Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit darstellt. Je mehr sich durch einen Nachtdienst die Stimmung verschlechtert, desto mehr verschlechtert sich die Testleistung der Subkategorie *Arbeitsgedächtnis* und *Geteilte Aufmerksamkeit* (vgl. 3.5.2.2, Abbildung 19 und 3.5.2.4, Abbildung 32). Damit einher geht die Erkenntnis, dass auch die subjektive Empfindung des Nachtdienstes als mehr oder weniger „stressig“ einen Einflussfaktor auf die Beeinträchtigung der *Geteilten Aufmerksamkeit* durch den Nachtdienst darstellt (vgl. 3.5.2.4, Abbildung 31).

Zu den Faktoren, welche nicht die Arbeitslast im Nachtdienst beschreiben, jedoch den Einfluss eines Nachtdienstes auf die kognitiven Fähigkeiten mitbedingen, gehört der

Weiterbildungsstatus der Notärzte. Wir konnten nachweisen, dass Fachärzte nach einem Nachtdienst in den Kategorien *Arbeitsgedächtnis* und *Flexibilität* signifikant besser abschneiden als Assistenzärzte (vgl. 3.5.2.2, Abbildung 20 und 3.5.2.3, Abbildung 29). Dazu passt, dass auch Berufserfahrung und Alter einen Einfluss auf die Leistung nach einem Nachtdienst haben: Je länger die Probanden schon als Notarzt gearbeitet haben und je älter sie sind, desto besser ist die kognitive Leistungsfähigkeit – gemessen im Subtest *Flexibilität* – nach einem Nachtdienst (vgl. 3.5.2.3, Abbildung 22, Abbildung 26 und Abbildung 27).

Außerdem bedingt die letzte Aktivität vor dem Nachtdienst, inwieweit die kognitiven Teilleistungen *Flexibilität* und *Inkompatibilität* von einem Nachtdienst beeinträchtigt werden. Wird vor einem Nachtdienst gearbeitet, so ist die durch den Nachtdienst hervorgerufene Verlangsamung der Reaktionsgeschwindigkeit bzw. die Nachtdienstbedingte Fehlerzahl größer als bei Ärzten, die vor dem Nachtdienst Freizeit haben (vgl. 3.5.2.3, Abbildung 23 und 3.5.2.5, Abbildung 39).

Einen bedeutenden Faktor stellt zudem die Einnahme von Koffein dar. In mehreren Tests zeigte sich ein signifikanter Einfluss auf die Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit. Die Einnahme von Koffein im Nachtdienst korreliert mit einer geringeren Verschlechterung bzw. Veränderung der Testleistung nach einem Nachtdienst (vgl. 3.5.2.3 Abbildung 25 und Abbildung 30). Man kann also annehmen, dass die koffeininduzierte Steigerung der Leistungsfähigkeit [69] der Nachtdienstbedingten Abnahme der Leistungsfähigkeit entgegenwirkt.

Entgegen unserer Erwartung zeigt sich der Zusammenhang des negativen Affekts mit der Leistung im Test *Inkompatibilität*. Je schlechter die Stimmung nach Nachtdienst ist, desto weniger Nachtdienstbedingte Fehler werden demnach verzeichnet. Bei diesem, für uns primär nicht erklärbaren Zusammenhang spielt evtl. die Tatsache eine Rolle, dass der Zusammenhang nur bei direktem Vergleich mit dem negativen Affekt nach Nachtdienst auftritt. Aussagekräftiger sind jedoch Stimmungsdifferenz-Werte, d.h. PANAS-Scores, welche sich auf den Wert im ausgeruhten Zustand beziehen.

Weiterhin nicht primär erklärbar ist, dass im Bereich der geteilten Aufmerksamkeit die Nachtdienstbedingte Fehleranzahl eine signifikante Abhängigkeit mit der Gesamtmenge an Schlaf im Nachtdienst zeigt. In der grafischen Darstellung wird deutlich, dass weniger Schlaf eine niedrigere Anzahl an Nachtdienstbedingten

Fehlern bedingt (vgl. 3.5.2.4, Abbildung 33 und Abbildung 34). Als weiterer Einflussfaktor zeigt sich die Empfindung des Dienstes. Je stressiger der Dienst eingestuft wird, desto geringer ist die Anzahl der Nachtdienst-bedingten Fehler (vgl. 3.5.2.4, Abbildung 35). Ein weiterer Zusammenhang bezieht sich auf die letzte Aktivität vor dem Nachtdienst. Arbeit vor dem Nachtdienst bedingt eine geringere Nachtdienst-bedingte Fehlerzahl als Freizeit vor dem Nachtdienst (vgl. 3.5.2.4, Abbildung 36).

Ein Grund, weshalb die oben genannte Variable aus dem erwarteten Muster herausfällt, könnte sein, dass, wie in Kapitel 2.6.2 erwähnt, das entscheidende Interpretationsmerkmal der *Geteilten Aufmerksamkeit* nicht die Fehleranzahl, sondern die Anzahl an Auslassungen ist.

Ein weiterer Grund könnte sein, dass Stress, z.B. durch hohe Arbeitsbelastung und wenig Schlaf im Nachtdienst, die Aufmerksamkeit anfangs steigern kann. Studien haben gezeigt, dass eine Zunahme des Anspannungsniveaus zunächst zu einer Steigerung der Leistung führt, ab einem bestimmten Anspannungsniveau aber wieder zu einer Abnahme der Leistung [70]. Dieser Zusammenhang wird im Yerkes-Dodson Gesetz (Abbildung 40) beschrieben: Stress kann die kognitiven Fähigkeiten bis zu einem gewissen Grad verbessern. Es verhält sich zueinander wie eine umgekehrte U-Funktion. Somit verschlechtern sich die kognitiven Fähigkeiten auch wieder, sobald ein gewisses Stress-Level überstiegen wird [69].

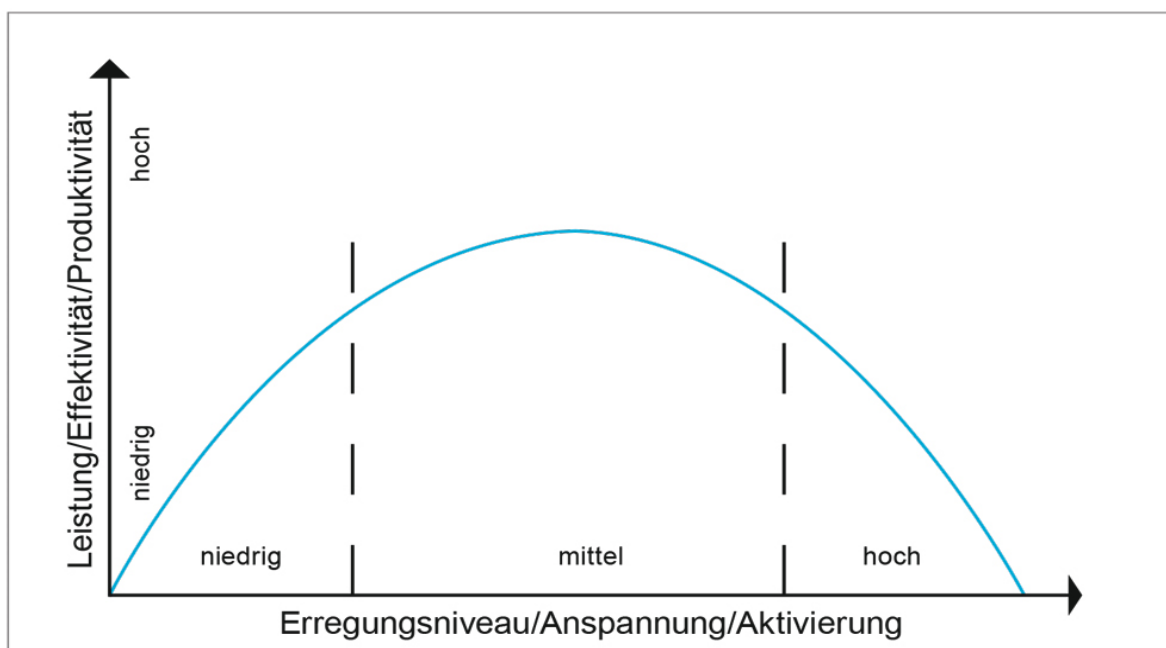


Abbildung 40: Yerkes-Dodson Gesetz [70]

Die vielen unterschiedlichen Ergebnisse spiegeln die Komplexität des Themas wider. Auch die Literatur zeigt keine eindeutigen Ergebnisse. Einige Studien testen die Auswirkungen von Schlafentzug, andere die eines Nachtdienstes bzw. einer Nachtschicht. Es herrscht außerdem Inkonsistenz bei der Definition von „Schlafentzug“ und bei der Dauer von Nachtdiensten (12h, 17h oder 24h).

Ein weiteres Problem der Vergleichbarkeit der Studien ist die große Bandbreite an Tests, mittels welchem die kognitiven Fähigkeiten untersucht werden. Diese reichen von einfachen Reaktionstests [4,13], Tests mit komplexen Aufgabenstellungen [22,23,29,71] und Intelligenztests [24], bis hin zu Untersuchungen der klinischen Fertigkeiten [16,63,72,73] bzw. der rückblickenden Untersuchung medizinischer Fehler [14].

4.6 Bewertung der Ergebnisse

Insgesamt stellen sich die Ergebnisse unserer Studie weniger eindeutig und drastisch dar, als im Vorfeld erwartet wurde. Eine signifikante Beeinträchtigung der Kognition durch einen Nachtdienst konnte nur in zwei von fünf Tests beobachtet werden: *Alertness* und *Geteilte Aufmerksamkeit*. Ein Einfluss von bestimmten Faktoren, wie z.B. der Arbeitslast auf die Abnahme der Kognition nach Nachtdienst konnte nur in einzelnen Teilaspekten nachgewiesen werden. Dies könnte mit der geringen Probandenzahl und den Störfaktoren, die im Kapitel 4.8 erörtert werden, zusammenhängen. Jedoch könnte auch der negative Effekt eines einzelnen Nachtdienstes zu gering sein, um sich auf die kognitive Leistungsfähigkeit auszuwirken. Mit großer Arbeitsbelastung steigt der Adrenalin Spiegel, welcher dafür verantwortlich sein könnte, dass bei einigen Probanden die Testleistung nach Nachtdienst besser als die im ausgeruhten Zustand ausfällt.

4.7 Gefahren für Notarzt und Patient

Nachdem nun einzelne Aspekte betrachtet worden sind, die aufzeigen, inwieweit ein Nachtdienst auf kognitive und psychische Strukturen einwirkt und welche Besonderheiten den Notarzteinsatz kennzeichnen, stellt sich die Frage, ob Nachtdienste in der Notfallmedizin eine Gefahr für Arzt und Patient bedeuten.

Inwieweit Nachtdienste in der Notfallmedizin negative Auswirkungen auf die Patientenversorgung haben, lässt sich schwer nachvollziehen.

Notärzte kommen aus den verschiedensten Bereichen, am häufigsten aus der Anästhesie, Chirurgie und Inneren Medizin. Auch heute noch, trotz Arbeitszeitgesetz und teilweise verbesserten Bedingungen für Ärzte, kann es durch Ärztemangel, krankheitsbedingtem Ausfall usw. dazu kommen, dass Ärzte nach einer Nachtschicht im Tagdienst unmittelbar weiterarbeiten. Müdigkeit ist einer der wichtigsten Regulatoren der Leistungsfähigkeit des Menschen [74]. Dabei liegt die Annahme nahe, dass unausgeschlafene Chirurgen schlechter operieren. Bei einer Metaanalyse zeigten jedoch 21 Studien keinen Zusammenhang zwischen Müdigkeit und chirurgischer Leistung [75]. Auch eine 2015 im *New England Journal of Medicine* veröffentlichte Studie, welche zahlreiche unterschiedliche Eingriffe untersuchte, kam zu dem Ergebnis, dass ein akuter Schlafmangel des Operateurs durch einen vorangegangenen Nachtdienst für die Patienten insgesamt nicht von Nachteil war. Jedoch konnte ein negativer Einflussfaktor auf die chirurgische Leistungsfähigkeit gefunden werden. Wenn die Ärzte nachts mindestens zwei Mal operierten, stieg die Wahrscheinlichkeit für einen ungünstigeren Verlauf [76]. Das ist ein Hinweis darauf, dass bei zunehmender Arbeitsbelastung im Nachtdienst die Patientenversorgung beeinträchtigt sein kann. Eine Studie aus England testete die chirurgische Leistung anhand eines Laparoskopie-Simulators und fand heraus, dass die Chirurgen, welche die ganze Nacht wach waren, 20% mehr Fehler machten und 14% länger für die Aufgabe brauchten, als solche, die ausgeruht waren [72]. Neben den chirurgischen Fähigkeiten stellt auch das Thema „Reanimation“ einen weiteren Aspekt der Patientenversorgung dar. Damit beschäftigte sich eine erst 2018 veröffentlichte Studie. Sie fand heraus, dass ein vorhergehender Nachtdienst im Zusammenhang mit einer signifikanten Verschlechterung der Leistung in Reanimationssimulationen steht. Dies zeigt sich vor allem im Bereich der Kommunikation im Team [73]. Eine Studie an einer Gruppe von Hausärzten beschreibt das Problem aus der Perspektive der Patienten.

Demnach wirkt sich durch einen Nachtdienst ausgelöster Stress negativ auf die Zufriedenheit der behandelten Patienten aus [77].

Es existieren somit Studien, welche einen Hinweis darauf geben, dass ein Nachtdienst eine Gefahr für den Patienten bedeutet, aber auch Studien, welche auf das Gegenteil hindeuten, weshalb eine klare Aussage schwerfällt.

Eindeutiger ist die Studienlage bei den möglichen Gefahren eines Nachdienstes für den Arzt selbst. Die gesundheitlichen Risiken von Nachtarbeit dürfen nicht unterschätzt werden. Bei einer Befragung von Smith-Coggins et al., welche im Journal of Emergency Medicine 2014 publiziert wurde, gaben 60% der Notärzte an, dass Nachtdienste negative Effekte auf ihre Gesundheit haben. Hier wurden vor allem Tagesmüdigkeit und Schlafprobleme genannt [58]. Im Chronobiology International wurde 2002 eine Studie veröffentlicht, nach der 46% der teilnehmenden Ärzte angaben, dass sich ihr Körper bzw. ihr innerer Rhythmus nie an die Nachtarbeit anpassen konnte [56]. Bei einer Metaanalyse von Gates, Wingert et al. mit insgesamt 47 eingeschlossenen Studien, belegen 28 Studien den Zusammenhang zwischen Müdigkeit durch Schlafentzug und Gesundheit bzw. Wohlergehen des Arztes [75].

Auch zu den gesundheitlichen Folgen gibt es einschlägige Studien. Bei Menschen mit immer wiederkehrenden Nachtdiensten konnte ein erhöhtes Krebsrisiko festgestellt werden [6,78]. Des Weiteren steigt die Inzidenz für Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems und des Magen-Darm-Traktes. Das erhöhte Erkrankungsrisiko steht in einem positiven Zusammenhang mit der Dauer und dem Ausmaß des nächtlichen Arbeitens [79]. Vor allem darf das erhöhte Risiko für psychischen Erkrankungen nicht unterschätzt werden. Regelmäßig geleistete Nachtarbeit steht in einem signifikanten Zusammenhang mit einem erhöhtem Burnout-Risiko [2,79]. Diese Beobachtung passt zu den Erkenntnissen unserer Studie, dass die positiven Emotionen der Probanden durch einen Nachtdienst signifikant vermindert waren und sich die Notärzte als weniger leistungsfähig einschätzten. Diese beiden Faktoren können eine psychische Belastung für den einzelnen darstellen.

Neben den chronischen gesundheitlichen Auswirkungen sollen auch die akuten, bzw. unmittelbaren Folgen eines Nachtdienstes nicht unerwähnt bleiben. Eine Studie aus dem Jahr 1999 zeigt, dass Notärzte signifikant häufiger in Autounfälle verwickelt waren, wenn sie nach einem Nachtdienst heimfahren, im Vergleich zu anderen

Diensten [80]. Grellner et al. zeigte auf, dass es nach einer Nachtdiensttätigkeit im medizinischen Sektor zu einem erhöhten Risiko für Sekundenschlaf am Steuer komme [81]. Auch andere Studien zeigen den Zusammenhang zwischen Nacht- bzw. 24-Stunden-Schichten und einem erhöhtem Risiko von Autounfällen [3–5]. Diese Erkenntnisse decken sich mit unseren Resultaten vor allem in Hinblick auf die Alertness. Sie bildet den allgemeinen Wachzustand ab und war nach einem Nachtdienst signifikant vermindert.

4.8 Limitationen der Studie

4.8.1 Konzeption und Realisierung der Studie

Unser Konzept einer Testung mit den drei Elementen Fragebogen, PANAS und TAP führte zu einer Versuchsdauer von ca. 45 min. Dies bedeutete einen hohen Zeit- und Organisationsaufwand für die Probanden. Nach einem Nachtdienst noch bis zu einer Stunde länger zu bleiben, war für alle Probanden eine Herausforderung. Auch die ausgeruhte Testung bedeutete für die Probanden, dass sie sich in ihrer Freizeit 45 min Zeit nehmen mussten.

Bei der Durchführung der Testungen konnte nicht verhindert werden, dass die Uhrzeit der Testungen zwischen 6 Uhr und 10 Uhr stark variierte. Bei einigen Probanden fand die ausgeruhte Testung somit direkt nach dem Aufstehen statt, bei anderen konnte diese erst einige Stunden nach dem Aufstehen durchgeführt werden.

Außerdem wurde kein fester Raum für die Studie zur Verfügung gestellt, in dem die Testung durchgeführt werden konnte. Dies führte dazu, dass Probanden in unterschiedlichem Maß abgelenkt wurden. Dadurch erzeugte Störungen machten sich vor allem bei der Messung der Konzentration und Aufmerksamkeit mittels des TAP-Tests bemerkbar.

4.8.2 TAP als Parameter für die kognitive Fähigkeit

Die TAP ist ein weit verbreitetes Messinstrument zur Erfassung kognitiver Fähigkeiten und Aufmerksamkeit. Einige Aspekte müssen bei der Beurteilung der Ergebnisse berücksichtigt werden. Eine Eigenschaft der TAP ist, dass kein Gesamtscore für die kognitive Leistungsfähigkeit ermittelt wird, sondern eine Vielzahl an einzelnen Werten. Dadurch gestaltete sich die Auswertung sehr aufwendig, da die jeweiligen Teilaspekte der Ergebnisse (z.B. Reaktionszeiten, Fehleranzahl, usw.) einzeln betrachtet werden mussten. Wir konnten somit keine zusammenfassende Gesamtaussage über die kognitive Leistungsfähigkeit treffen, was die Erfassung und Verständlichkeit unserer Ergebnisse vereinfacht hätte.

Außerdem stellt die Dauer der Untertests der TAP einen limitierenden Faktor da. Um eine, den Notärzten zumutbare Testdauer, zu gewährleisten, haben wir uns auf fünf Untertests beschränkt. Somit wurden weitere Dimensionen der Aufmerksamkeit und kognitiven Leistungsfähigkeit aus der TAP, wie zum Beispiel die Daueraufmerksamkeit, nicht in unsere Studie eingeschlossen. In zukünftigen Studien

könnten weitere Untertests genutzt werden, um in Zusammenarbeit mit unserer Studie weitere Erkenntnisse über die kognitive Leistungsfähigkeit nach Nachtdienst zu erhalten

Als Vorteil computerisierter Testverfahren wird oft eine hohe Durchführungsobjektivität genannt. Die standardisierten Instruktionen auf dem Bildschirm reichen teilweise jedoch für ein Verständnis der Testaufgaben nicht aus. Zudem steht in der TAP für jeden Test ein Vortest zur Verfügung, der gewährleisten soll, dass die Testaufgaben genau verstanden werden. Um die zeitliche Beanspruchung der Probanden in Grenzen zu halten haben wir zum Teil auf die Durchführung der Vortests verzichtet und stattdessen die Probanden mündlich instruiert. Hierdurch könnte, trotz der sehr hohen Durchführungsobjektivität, die Gesamtobjektivität verzerrt worden sein.

4.8.3 Die „ausgeruhte Testung“ als Basiswert

Um die Auswirkungen eines Nachtdienstes zu untersuchen, haben wir uns ein Konzept mit zwei Testungen überlegt. Eine davon soll als Basiswert gelten, welche an einem Morgen ohne vorhergehenden Nachtdienst durchgeführt wurde. Die andere Testung stellt den veränderten Wert dar und wurde nach Nachtdienst durchgeführt. Somit sollte für jeden Probanden sein eigener Bezugswert geschaffen werden, den wir als „ausgeruhte Testung“ betiteln. Ein grundsätzliches Problem hierbei stellt die Standardisierung der „ausgeruhten Testung“ dar. Aus verschiedenen Gründen muss die Postulation, dass eine Nacht ohne Nachtdienst automatisch den Basiswert des jeweiligen Probanden abzeichnet, kritisch betrachtet werden.

4.9 Stärken der Studie

Ein besonderes Merkmal unserer Arbeit ist, dass wir durch verschiedene Testinstrumente (Fragebogen, visuelle Analogskala, Stimmungsskala (PANAS) und Computer-basierter Aufmerksamkeitstest (TAP)) eine große Anzahl an unterschiedlichen Daten gesammelt haben. Unsere Studie ist derzeit die einzige, welche die kognitive Leistungsfähigkeit nach Nachtarbeit in der Notfallmedizin anhand der TAP untersucht. Dadurch konnten sehr genaue Ergebnisse zu den einzelnen Teilgebieten der kognitiven Leistungsfähigkeit erzielt werden. Vergleichbare Studien erlangen nur Kenntnisse zur allgemeinen Aufmerksamkeit [22]. Im Fragebogen wurden diverse personenbezogene Informationen erhoben, welche demografische Auswertungen ermöglichten. Außerdem wurden die Umstände des Nachtdienstes genau erhoben, sodass in die Auswertung miteinfließen konnte, wie hoch der subjektive und objektive Arbeitsaufwand war. Die verschiedenen Aspekte der kognitiven Leistungsfähigkeit konnten somit mit Personen- und Situations-bezogenen Informationen verknüpft werden. Weiterhin wurde die subjektive Einschätzung der Probanden zur kognitiven Leistungsfähigkeit abgefragt, wodurch ein Vergleich zwischen subjektiven und objektiven Auswirkungen des Nachtdienstes angestellt werden konnte. Mit dem PANAS-Test konnten die zwei verschiedenen Emotionsskalen des positiven und negativen Affekts untersucht, und somit die Stimmung von zwei Seiten beleuchtet werden. Sie ist ein globales, gut etabliertes wissenschaftliches Verfahren zur Erfassung der Affektivität und wird seit über 20 Jahren in Psychologie und Medizin verwendet [38]. Der PANAS-Test zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass sie kurz und einfach gehalten ist, und hohe Reliabilität und Validität beweist [35,37].

Eine weitere Stärke dieser Arbeit ist das Studienmodell. Im Gegensatz zu anderen Studien [22] testeten wir nicht vor und nach dem Nachtdienst, sondern nach dem Nachtdienst und nach einer dienstfreien Nacht im selben Zeitraum. Dieses Modell wurde ähnlich in einer anderen Studie mit Anästhesisten genutzt [23] und gewährleistet eine „Kontrolltestung“. Dadurch konnte für jeden Probanden die jeweilige, durch einen Nachtdienst bedingte, persönliche Leistungsveränderung ermittelt werden. Damit verbessert sich die Aussagekraft der Untersuchung.

Weiterhin zeichnet sich unsere Arbeit durch die große Anzahl von dreißig Probanden aus. Damit konnten wir einige signifikante Ergebnisse erreichen. Bei den meisten vergleichbaren Studien ist die Probandenzahl erheblich kleiner [22–24,63].

Zusammenfassend wird deutlich, dass unsere Studie einen weiteren wichtigen Beitrag zur Erforschung neurokognitiver Leistung nach Nachtarbeit erbringt. Vielfache Beweise aus unseren Testungen sowie aus der Literatur erhärten die Annahme, dass die kognitive Leistungsfähigkeit durch Nachtdienste beeinträchtigt wird. Ob und inwieweit sich die, in unserer Studie durch Computer-basierte Tests gewonnenen Ergebnisse, auf den ärztlichen Alltag übertragen lassen, bleibt unklar. Hier sollten zukünftige Studien anknüpfen und praktische Fähigkeiten und Fertigkeiten mit in das Studiendesign aufnehmen. Durch anknüpfende Studien könnten zudem weitere Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit, wie zum Beispiel die Daueraufmerksamkeit untersucht und somit ein genaueres Bild über eventuelle kognitive Beeinträchtigungen durch Nachtarbeit in der Notfallmedizin und deren Folgen gezeichnet werden.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die kognitive Leistungsfähigkeit und die Stimmung von Notärzten nach einem Nachtdienst im Vergleich zu einer Nacht ohne Dienst untersucht und einflussnehmende Faktoren, wie zum Beispiel das Arbeitsaufkommen im Nachtdienst, bestimmt.

Zu den Auswirkungen von Nachtarbeit, Schichtarbeit und Nachtdiensten existieren viele Studien. Gerade im medizinischen Bereich spielt dieses Thema eine große Rolle. Unserer Studie untersucht die Situation in der Notfallmedizin. Notärzte werden häufig mit Extremsituationen konfrontiert und sind auf sich allein gestellt. Außerdem wird die Notarztstätigkeit im Gegensatz zu anderen Fachrichtungen oft als Nebentätigkeit ausgeführt, was die Erstellung sinnvoller Schichtpläne und die Einhaltung des Arbeitszeitgesetzes in die Verantwortung des Einzelnen legt. Daher ist gerade in dieser Berufsgruppe interessant, inwieweit sich ein Nachtdienst auf die kognitiven Fähigkeiten auswirkt.

Zur Erfassung der kognitiven Fähigkeiten wurden fünf Tests der TAP ausgewählt, welche die folgenden Teilaspekte der Aufmerksamkeit abbilden: *Alertness*, *Arbeitsgedächtnis*, *Flexibilität*, *geteilte Aufmerksamkeit* und *Inkompatibilität*. Diese erfassen Reaktionsschnelligkeit, Fehler und Auslassungen. Zur Aufzeichnung der Stimmung wurde der „PANAS“-Fragebogen mit je 10 Emotionen, welche den positiven Affekt und 10 Emotionen, welchen den negativen Affekt abbilden, verwendet. Anhand eines Fragebogens wurden demografische Informationen, äußere Umstände (Alter, Berufserfahrung, Schlafzeit, usw.) und die subjektive Einschätzung der kognitiven Fähigkeiten erfasst. Eine Testung beinhaltete alle drei genannten Teilaspekte (Fragebogen, PANAS, TAP) und wurde bei jedem Notarzt zweimal durchgeführt: Nach einem Nachtdienst und nach einer dienstfreien Nacht, welche wir als „ausgeruhte“ Testung definierten. Wir haben insgesamt 30 Notärzte untersucht, die zu diesem Zeitpunkt am Universitätsklinikum Regensburg angestellt waren und regelmäßig am Notarzdienst teilnahmen. Im Durchschnitt waren die Probanden 38 Jahre alt. 11 Notärzte befanden sich noch in der Weiterbildung, 19 hatten Fach-/Oberarztstatus.

Bei der subjektiven Einschätzung der Leistungsfähigkeit, Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeit zeigte sich ein signifikanter Unterschied. Die Probanden schätzten sich nach Nachtdienst schlechter ein als ausgeruht.

Bei der Beurteilung der Stimmung durch den PANAS-Fragebogen zeigte sich eine signifikante Verschlechterung des positiven Affekts durch den Nachtdienst. Das bedeutet, dass ein Nachtdienst die Stimmung negativ beeinflusst. Die subjektive Empfindung des Dienstes, sowie die Einnahme von Koffein im Nachtdienst haben einen signifikanten Einfluss auf die Nachtdienst-bedingte Stimmungsverschlechterung. Alter, Berufserfahrung, Anzahl der Einsätze, Schlaf, Unterbrechungen des Schlafes, letzte Aktivität vor dem Nachtdienst, Weiterbildungsstatus und Geschlecht zeigten keinen Einfluss auf die Stimmung.

Bei Betrachtung der kognitiven Fähigkeiten anhand der TAP wurden die Parameter Reaktionszeit, Fehler und Auslassungen beurteilt.

Eine signifikante Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit durch den Nachtdienst konnte in den Untertests *Alertness* und *Geteilte Aufmerksamkeit* festgestellt werden. Bei der *Alertness* war eine Verlängerung der Reaktionszeit zu beobachten, bei der *Geteilten Aufmerksamkeit* war der Unterschied im Testparameter Auslassungen zu sehen.

Die Faktoren Stimmung, Berufserfahrung, letzte Aktivität vor dem Nachtdienst, Anzahl der Einsätze, Einnahme von Koffein im Nachtdienst, subjektive Empfindung des Dienstes und Schlafmenge zeigen einen signifikanten Einfluss auf die Nachtdienst-bedingte Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit.

Inwieweit sich ein Nachtdienst auf die Stimmung und die kognitiven Fähigkeiten auswirkt, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Jedoch gibt es viele Studien, die unsere These, dass ein Nachtdienst negativen Einfluss auf die Stimmung hat, unterstützen. Bei der Untersuchung der kognitiven Leistungsfähigkeit fanden wir in zwei von fünf Gedächtnisleistungen einen signifikant negativen Einfluss des Nachtdienstes. Verlängerte Reaktionszeiten, und somit eine Verschlechterung der *Alertness*, werden auch in der Literatur häufig beobachtet. Eine Beeinträchtigung in komplexeren kognitiven Funktionen, wie Arbeitsgedächtnis und Daueraufmerksamkeit wird vereinzelt in der Literatur beschrieben. Ein Defizit in der *Geteilten Aufmerksamkeit* konnte in unserer Studie erstmalig nachgewiesen werden.

Diese Arbeit leistet somit einen relevanten Beitrag in der Untersuchung der komplexen Belastungssituation von Notärzten, vor allem in Hinblick auf Nachtarbeit und deren Einfluss auf Stimmung und kognitive Leistungsfähigkeit.

6 Literatur

1. Struck O, Dütsch M, Liebig V, Springer A. Arbeit zur falschen Zeit am falschen Platz? Eine Matching-Analyse zu gesundheitlichen Beanspruchungen bei Schicht- und Nachtarbeit. *J Labour Market Res* 2014;47:245–272.
2. Mewes A. Burn-out-Risiko bei Ärzten: Einfluss von Erfahrung und Arbeitsbelastung.
3. Barger LK, Cade BE, Ayas NT, Cronin JW, Rosner B, Speizer FE, et al. Extended work shifts and the risk of motor vehicle crashes among interns. *The New England journal of medicine* 2005;352:125–134.
4. Ayas NT, Barger LK, Cade BE, Hashimoto DM, Rosner B, Cronin JW, et al. Extended work duration and the risk of self-reported percutaneous injuries in interns. *JAMA* 2006;296:1055–1062.
5. Halbach MM, Spann CO, Egan G. Effect of sleep deprivation on medical resident and student cognitive function: A prospective study. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 2003;188:1198–1201.
6. Davis S, Mirick DK. Circadian disruption, shift work and the risk of cancer: A summary of the evidence and studies in Seattle. *Cancer causes & control : CCC* 2006;17:539–545.
7. Beckmann S, Wegg A. Krank durch Nachtdienst? *Heilberufe* 2011;63:38–40.
8. Zulley J, Knab B. *Unsere Innere Uhr: Natürliche Rhythmen nutzen und der Non-Stop-Belastung entgehen.* 1st ed. Herder Spektrum, Vol 5365. Freiburg im Breisgau: Herder GmbH & Co. KG Verlag; 2003.
9. Kuhn G. Circadian rhythm, shift work, and emergency medicine. *Annals of emergency medicine* 2001;37:88–98.
10. Smith-Coggins R, Rosekind MR, Hurd S, Buccino KR. Relationship of day versus night sleep to physician performance and mood. *Annals of emergency medicine* 1994;24:928–934.
11. Gander P, Millar M, Webster C, Merry A. Sleep loss and performance of anaesthesia trainees and specialists. *Chronobiol. Int.* 2008;25:1077–1091.

12. Weeß H-G, Sauter C, Geisler P, Böhning W, Wilhelm B, Rotte M, et al. Vigilanz, Einschlafneigung, Daueraufmerksamkeit, Müdigkeit, Schläfrigkeit - Diagnostische Instrumentarien zur Messung müdigkeits- und schläfrigkeitsbezogener Prozesse und deren Gütekriterien. *Somnologie* 2000;4:20–38.
13. Arnedt JT, Owens J, Crouch M, Stahl J, Carskadon MA. Neurobehavioral performance of residents after heavy night call vs after alcohol ingestion. *JAMA* 2005;294:1025–1033.
14. Landrigan CP, Rothschild JM, Cronin JW, Kaushal R, Burdick E, Katz JT, et al. Effect of reducing interns' work hours on serious medical errors in intensive care units. *N Engl J Med* 2004;351:1838–1848.
15. Lockley SW, Cronin JW, Evans EE, Cade BE, Lee CJ, Landrigan CP, et al. Effect of reducing interns' weekly work hours on sleep and attentional failures. *N Engl J Med* 2004;351:1829–1837.
16. Friedman RC, Bigger JT, Kornfeld DS. The Intern and Sleep Loss: *New England Journal of Medicine*. *N Engl J Med* 1971;285:201–203.
17. Samkoff JS, Jacques CH. A review of studies concerning effects of sleep deprivation and fatigue on residents' performance. *Acad Med* 1991;66:687–693.
18. Leonard C, Fanning N, Attwood J, Buckley M. The effect of fatigue, sleep deprivation and onerous working hours on the physical and mental wellbeing of pre-registration house officers. *I.J.M.S.* 1998;167:22–25.
19. Hudjetz S. Schlafentzug: Wirkung auf Stimmung, Müdigkeit und spontane Schlafepisodes bei depressiven Patienten und gesunden Versuchspersonen. Dissertation.
20. Arbeitsgruppen Medieninformatik und Mensch-Maschine-Interaktion. Kognitive Fähigkeiten des Menschen. <https://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ws0506/mmi1/kognitive-faehigkeiten.xhtml> (accessed 14. September 2016).
21. Frank Goldhammer. Strukturelle Analyse von Aufmerksamkeitskomponenten: Entwicklung eines integrativen Aufmerksamkeitsmodells. Dissertation. Frankfurt am Main; 2006.

22. König E. Aufmerksamkeit und Belastung von Notärzten während des Dienstes. Halle-Wittenberg.
23. Chang LC, Mahoney JJ3, Raty SR, Ortiz J, Apodaca S, De La Garza, R 2nd. Neurocognitive effects following an overnight call shift on faculty anesthesiologists. *Acta Anaesthesiol Scand* 2013;57:1051–1057.
24. Dula DJ, Dula NL, Hamrick C, Wood GC. The effect of working serial night shifts on the cognitive functioning of emergency physicians. *Ann Emerg Med* 2001;38:152–155.
25. Koslowsky M, Babkoff H. Meta-analysis of the relationship between total sleep deprivation and performance. *Chronobiology international* 1992;9:132–136.
26. Storer JS, Floyd HH, Gill WL, Giusti CW, Ginsberg H. Effects of sleep deprivation on cognitive ability and skills of pediatrics residents. *Academic medicine : journal of the Association of American Medical Colleges* 1989;64:29–32.
27. Deaconson TF, O'Hair DP, Levy MF, Lee MB, Schueneman AL, Codon RE. Sleep deprivation and resident performance. *JAMA* 1988;260:1721–1727.
28. Jacques CH, Lynch JC, Samkoff JS. The effects of sleep loss on cognitive performance of resident physicians. *The Journal of family practice* 1990;30:223–229.
29. Husby T, Torgersen J, Flaatten H. Cognitive effects of hospital calls in anaesthesiologists. *Acta Anaesthesiol Scand* 2014;58:177–184.
30. Ilper H, Kunz T, Walcher F, Zacharowski K, Byhahn C. Demografie, Ausbildung und Erfahrung der Notärzte in Deutschland: [Www.notarztfragebogen.de](http://www.notarztfragebogen.de). *Dtsch med Wochenschr* 2013;138:880–885.
31. Christian Winter, Fachreferent Grundsatzfragen Notarztdienst. Organisation des Notdienstes in Bayern und Arbeitszeitgesetz. E-Mail; 2020.
32. Marburger Bund. Tarifabschluss des Marburger Bundes für Ärztinnen und Ärzte in kommunalen Kliniken; 2019.
33. Schlechtriemen T, Armbruster W, Adler J, Bartha C, Becker K, Höhn M, et al. Herausforderung Notarztdienst. *Notfall Rettungsmed* 2014;17:39–45.

34. Statistisches Bundesamt. Die 10 häufigsten Todesursachen: Sterbefälle insgesamt nach der ICD-10 im Jahr 2014; 2014. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Tabellen/HaeufigsteTodesursachen.html;jsessionid=93AACE2CAD74529746FC250F989751BD.cae3> (accessed 22. August 2016).
35. David Watson and Lee Anna Clark and Auke Tellegen. Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect: The PANAS Scales.
36. Zevon MA, Tellegen A. The structure of mood change: An idiographic/nomothetic analysis. *Journal of Personality and Social Psychology* 1982;43:111–122.
37. Crawford JR, Henry JD. The positive and negative affect schedule (PANAS): construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical sample. *Br J Clin Psychol* 2004;43:245–265.
38. Krohne HW, Egloff B, Kohlmann C-W, Tausch A. Untersuchungen mit einer deutschen Version der "Positive and Negative Affect Schedule" (PANAS); 1996.
39. Breyer B, Bluemke M. Deutsche Version der Positive and Negative Affect Schedule PANAS (GESIS Panel). ZIS - GESIS Leibniz Institute for the Social Sciences; 2016.
40. Berndt J. Versuch Nr. 10, Testbatterie für Aufmerksamkeitsprüfungen (TAP). Bremen; 2004.
41. Zimmermann, Peter und Bruno Fimm (ed). Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP): Version 2.3. 3. Auflage. Psytest; 2014.
42. Yang T-K, Huang K-H, Chen S-C, Chang H-C, Yang H-J, Guo Y-J. Correlation between clinical manifestations of nocturnal enuresis and attentional performance in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan yi zhi* 2013;112:41–47.
43. Kotterba S, Orth M. Gutachterliche Aspekte der Schichtarbeit. *Somnologie* 2010;14:98–104.
44. Baddeley AD, Hitch G. Working Memory. In: *Psychology of Learning and Motivation*. Elsevier; 1974:47–89.

45. Frith C. The Top in Top-Down Attention. In: Neurobiology of Attention. Elsevier; 2005:105–108.
46. Dana Kaufmann. Neurologische Defizite bei Patienten mit der Diagnose KHK zu Beginn und am Ende der Anschlussheilbehandlung. Dissertation.
47. Dreisörner T. Sensitivität und Spezifität computergestützter Verfahren zur Diagnostik von Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Kindes- und Jugendalter. Die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) und Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung für Kinder (KITAP): Diagnostic accuracy of computer based tests for Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. A receiver-operating characteristic analysis. Lengerich, Berlin, Bremen: Pabst Science Publ; 2011.
48. Lienert GA, Raatz U. Testaufbau und Testanalyse. 6th ed. Grundlagen Psychologie. Weinheim: Beltz; 1998.
49. H. -G. Weeß, R. Lund, C. Gresele, W. Böhning, C. Sauter, R. Steinberg die Arbeitsgruppe Vigilanz der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin. Vigilanz, Einschlafneigung, Daueraufmerksamkeit, Müdigkeit, Schläfrigkeit: Die Messung müdigkeitsbezogener Prozesse bei Hypersomnien Theoretische Grundlagen. Somnologie - Schlafforschung und Schlafmedizin 1998;2:32–41. <http://dx.doi.org/10.1007/s11818-998-0006-z>.
50. Földényi M, Giovanoli A, Tagwerker-Neuenschwander F, Schallberger U, Steinhausen H-C. Reliabilität und Retest-Stabilität der Testleistungen von 7-10jährigen Kindern in der computerunterstützten TAP. Zeitschrift für Neuropsychologie 2000;11:1–11.
51. Bühner M, Ziegler M, Bohnes B, Lauterbach K. Übungseffekte in den TAP Untertests Test Go/Nogo und Geteilte Aufmerksamkeit sowie dem Aufmerksamkeits-Belastungstest (d2). Zeitschrift für Neuropsychologie 2006;17:191–199.
52. StatistikGuru: Gepaarter t-Test: Normalverteilung verletzt – Gegenmaßnahmen. <https://statistikguru.de/spss/gepaarter-t-test/normalverteilung-verletzt-2.html> (accessed 26. Februar 2019).

53. Bengel J (ed). *Psychologie in Notfallmedizin und Rettungsdienst*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1997.
54. Klier M, Wanka-Pail ER, Gehring C, Prueckner S. Luftrettung rund um die Uhr – Welchen Einfluss hat das Wetter? *Notfall Rettungsmed* 2015;18:130–138.
55. Kiernan M, Civetta J, Bartus C, Walsh S. 24 hours on-call and acute fatigue no longer worsen resident mood under the 80-hour work week regulations. *Curr Surg* 2006;63:237–241.
56. Cavallo A, Jaskiewicz J, Ris MD. Impact of night-float rotation on sleep, mood, and alertness: the resident's perception. *Chronobiol Int* 2002;19:893–902.
57. Rose M, Manser T, Ware JC. Effects of call on sleep and mood in internal medicine residents. *Behav Sleep Med* 2008;6:75–88.
58. Smith-Coggins R, Broderick KB, Marco CA. Night shifts in emergency medicine: the american board of emergency medicine longitudinal study of emergency physicians. *The Journal of emergency medicine* 2014;47:372–378.
59. Sawyer RG, Tribble CG, Newberg DS, Pruett TL, Minasi JS. Intern call schedules and their relationship to sleep, operating room participation, stress, and satisfaction. *Surgery* 1999;126:337–342.
60. Selvi Y, Gulec M, Agargun MY, Besiroglu L. Mood changes after sleep deprivation in morningness-eveningness chronotypes in healthy individuals. *Journal of sleep research* 2007;16:241–244.
61. Schlosser K, Maschuw K, Kupietz E, Weyers P, Schneider R, Rothmund M, et al. Call-associated acute fatigue in surgical residents--subjective perception or objective fact? A cross-sectional observational study to examine the influence of fatigue on surgical performance. *World J Surg* 2012;36:2276–2287.
62. Kupietz EA. *Müdigkeit nach Bereitschaftsdienst - subjektive Wahrnehmung oder objektives Faktum?* Philipps-Universität Marburg; 2015.
63. Grantcharov TP, Bardram L, Funch-Jensen P, Rosenberg J. Laparoscopic performance after one night on call in a surgical department: prospective study. *BMJ (Clinical research ed.)* 2001;323:1222–1223.

64. Amirian I, Andersen LT, Rosenberg J, Gogenur I. Laparoscopic skills and cognitive function are not affected in surgeons during a night shift. *J Surg Educ* 2014;71:543–550.
65. Lehmann KS, Martus P, Little-Elk S, Maass H, Holmer C, Zurbuchen U, et al. Impact of sleep deprivation on medium-term psychomotor and cognitive performance of surgeons: prospective cross-over study with a virtual surgery simulator and psychometric tests. *Surgery* 2010;147:246–254.
66. Yi WS, Hafiz S, Sava JA. Effects of night-float and 24-h call on resident psychomotor performance. *J Surg Res* 2013;184:49–53.
67. Saadat H, Bissonnette B, Tumin D, Raman V, Rice J, Barry N'D, et al. Effects of partial sleep deprivation on reaction time in anesthesiologists. *Paediatric anaesthesia* 2017;27:358–362.
68. Bartel P, Offermeier W, Smith F, Becker P. Attention and working memory in resident anaesthetists after night duty: group and individual effects. *Occup Environ Med* 2004;61:167–170.
69. Anderson KJ. Impulsivity, caffeine, and task difficulty: A within-subjects test of the Yerkes-Dodson law. *Personality and Individual Differences* 1994;16:813–829.
70. Dr. Christian Schlesiger. Belastende Verläufe – Folgen für die Patientensicherheit. *Bayerisches Ärzteblatt* 2017.
71. Flinn F, Armstrong C. Junior doctors' extended work hours and the effects on their performance: the Irish case. *Int J Qual Health Care* 2011;23:210–217.
72. Taffinder NJ, McManus IC, Gul Y, Russell RCG, Darzi A. Effect of sleep deprivation on surgeons' dexterity on laparoscopy simulator. *The Lancet* 1998;352:1191.
73. Edgerley S, McKaigney C, Boyne D, Ginsberg D, Dagnone JD, Hall AK. Impact of night shifts on emergency medicine resident resuscitation performance. *Resuscitation* 2018;127:26–30.
74. DINGES DF. An overview of sleepiness and accidents. *J Sleep Res* 1995;4:4–14.
75. Gates M, Wingert A, Featherstone R, Samuels C, Simon C, Dyson MP. Impact of fatigue and insufficient sleep on physician and patient outcomes: A systematic review. *BMJ open* 2018;8:e021967.

76. Govindarajan A, Urbach DR, Kumar M, Li Q, Murray BJ, Juurlink D, et al. Outcomes of Daytime Procedures Performed by Attending Surgeons after Night Work. *N Engl J Med* 2015;373:845–853.
77. David P. French, Robert K. McKinley. GP stress and patient dissatisfaction with nights on call: An exploratory study - GP stress and patient satisfaction. *Scand J Prim Health Care* 2001;19:170–173.
78. Conlon M, Lightfoot N, Kreiger N. Rotating shift work and risk of prostate cancer. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 2007;18:182–183.
79. Schmal J. Gesund trotz Nachtdienst. *Heilberufe* 2014;66:42–43.
80. Steele MT, Ma OJ, Watson WA, Thomas HA, Muelleman RL. The occupational risk of motor vehicle collisions for emergency medicine residents. *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine* 1999;6:1050–1053.
81. W. Grellner, U. Kruchten, T. Georg. Müdigkeit und Gefahr des Sekundenschlafs am Steuer nach einer Nachtdiensttätigkeit. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen* 2005.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Instruktionssseite des Untertests "Arbeitsgedächtnis - Schwierigkeitsstufe 3" der TAP 2.3 [41] → Der rote Pfeil markiert den Zielreiz.....	27
Abbildung 2: Die Instruktionssseite des Untertests " Geteilte Aufmerksamkeit" der TAP 2.3[1]	30
Abbildung 3: Die Instruktionssseite des Untertests "Inkompatibilität" der TAP 2.3[41]	31
Abbildung 4:Kreisdiagramm „Subjektive Empfindung des Dienstes“ – Über die Hälfte der Probanden empfanden ihren Dienst als „sehr wenig“ oder „wenig“ stressig.....	36
Abbildung 5: Es zeigte sich eine hohe Korrelation zwischen der subjektiven Einschätzung der Leistungsfähigkeit und der Aufmerksamkeit.....	38
Abbildung 6: Es zeigte sich eine hohe Korrelation zwischen der subjektiven Einschätzung der Konzentrationsfähigkeit und der Aufmerksamkeit.	38
Abbildung 7: Es zeigte sich eine hohe Korrelation zwischen der subjektiven Einschätzung der Leistungsfähigkeit und der Konzentrationsfähigkeit.	39
Abbildung 8: Regression Anzahl_Einsätze und Schlaf-Gesamtzeit Je mehr Einsätze im Nachtdienst waren, desto weniger Schlaf hatten die Probanden.....	41
Abbildung 9: Regression Schlaf-Gesamtzeit und subjektive Empfindung des Nachtdienstes Je weniger Schlaf die Probanden hatten, desto stressiger empfanden sie den Dienst.....	41
Abbildung 10: Auswertung positiver und negativer Affekt (Min=10 Punkte, Max=50 Punkte) Nach dem Nachtdienst empfanden die Notärzte signifikant weniger positive Emotionen als im ausgeruhten Zustand.	42
Abbildung 11: Zusammenhang positiver Affekt nach Nachtdienst und Schlaf im Nachtdienst Je mehr Schlaf die Notärzte im Nachtdienst hatten, desto mehr positive Emotionen empfanden sie nach dem Nachtdienst.	44
Abbildung 12: Zusammenhang positiver Affekt nach Nachtdienst und subjektive Empfindung des Nachtdienstes Je stressiger der Nachtdienst von den Notärzten empfunden wurden, desto geringer war der positive Affekt.	45
Abbildung 13: Zusammenhang positiver Affekt nach Nachtdienst und Koffeineinnahme Die Einnahme von Koffein hatte einen signifikant positiven Einfluss auf Stimmung nach Nachtdienst.....	46

Abbildung 14: Zusammenhang Differenz des positiven Affekts ausgeruht versus nach Nachtdienst und subjektive Empfindung des Nachtdienstes Vermehrter Stress im Nachtdienst führte zu einer Probanden-bezogenen Verminderung des positiven Affekts.....	47
Abbildung 15: Zusammenhang Differenz des positiven Affekts ausgeruht versus nach Nachtdienst und Koffeineinnahme Die Einnahme von Koffein verminderte die Probanden-bezogenen Verschlechterung des positiven Affekts durch einen Nachtdienst.....	48
Abbildung 16: Alertness RZ - Vergleich der Testungen Die Reaktionszeit der Probanden war mit und ohne Warnsignal nach Nachtdienst signifikant verlängert. .	50
Abbildung 17: Geteilte Aufmerksamkeit Auslassungen / Fehler – Vergleich der Testungen Die Anzahl der Auslassungen war nach Nachtdienst im Vergleich zu ausgeruht signifikant erhöht.....	52
Abbildung 18: Zusammenhang Arbeitsgedächtnis_Auslassungen_Nacht und PANAS_Neg_Nacht Eine vermehrte Anzahl verpasster Signale nach Nachtdienst war mit einem erhöhten negativen Affekt assoziiert.	55
Abbildung 19: Zusammenhang Arbeitsgedächtnis_Diff_Auslassungen und PANAS_Pos_Diff Die durch den Nachtdienst bedingte Verminderung des positiven Affekts zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit der Nachtdienst-bedingten vermehrten Anzahl verpasster Signale.	56
Abbildung 20: Zusammenhang Arbeitsgedächtnis_Summe(Auslassungen+Fehler)_Nacht und Weiterbildungsstatus Im Test Arbeitsgedächtnis schnitten Assistenzärzte nach der Nachtschicht signifikant schlechter ab als Fachärzte.....	57
Abbildung 21: Zusammenhang Arbeitsgedächtnis_Diff_Summe(Auslassungen+Fehler) und PANAS_Pos_Nacht Ein erhöhter positiver Affekt nach Nachtdienst war mit einer verminderten Anzahl Nachtdienst-bedingter Versager assoziiert.	58
Abbildung 22: Zusammenhang Flexibilität_Fehler_Nacht und Berufserfahrung Mehr Berufserfahrung als Notarzt war mit einer verminderten Fehleranzahl nach der Nachtschicht assoziiert.	59

Abbildung 23: Zusammenhang Flexibilität_Diff_Fehler und Nacht_letzte_Aktivität Bei den Notärzten, welche vor dem Dienst Freizeit hatten, war die Anzahl Nachtdienstbedingter Fehler signifikant vermindert, als bei den Notärzten, welche aus der Arbeit in den Nachtdienst gingen.	60
Abbildung 24: Zusammenhang Flexibilität_Diff_Reaktionszeit und Nacht_Einsätze Es besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl von Einsätzen und der Nachtdienst-bedingten Verlängerung der Reaktionszeit.....	61
Abbildung 25: Zusammenhang Flexibilität_Diff_Reaktionszeit und Koffein Konsum von Koffein im Nachtdienst beeinflusste signifikant die Nachtdienst-bedingte Veränderung der Reaktionszeiten.	62
Abbildung 26: Zusammenhang Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht und Alter Das Alter der Notärzte stellte einen signifikanten Einflussfaktor auf die Gesamtleistung dar...	63
Abbildung 27: Zusammenhang Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht und Berufserfahrung Die Berufserfahrung der Notärzte stellte einen signifikanten Einflussfaktor auf die Gesamtleistung dar.	64
Abbildung 28: Zusammenhang Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht und Koffein Der Konsum von Koffein im Nachtdienst stellte einen signifikanten positiven Einflussfaktor für die Gesamtleistung dar.	65
Abbildung 29: Zusammenhang Flexibilität_Gesamtleistung_Nacht und Weiterbildungsstatus Der Weiterbildungsstatus stellte einen signifikanten Einflussfaktor auf die Gesamtleistung nach Nachtdienst dar: Fachärzte erzielten hierbei bessere Leistungen als Assistenzärzte.....	66
Abbildung 30: Zusammenhang Flexibilität_Diff_Gesamtleistung und Koffein Der Konsum vom Koffein stellte einen signifikanten Einflussfaktor auf die Nachtdienstbedingte Veränderung der Gesamtleistung dar.	67
Abbildung 31: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Auslassungen und subjektive Empfindung des Dienstes Die Nachtdienst-bedingte Verschlechterung der Geteilten Aufmerksamkeit wurde von der subjektiven Empfindung des Nachtdienstes signifikant beeinflusst.	68

Abbildung 32: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Auslassungen und PANAS_Neg_Nacht Die Nachtdienst-bedingte Verschlechterung der Stimmung zeigte einen positiven Zusammenhang mit der Nachtdienst-bedingten Verminderung der Geteilten Aufmerksamkeit.	69
Abbildung 33: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler und Nacht_Zeit_Schlaf Die Menge an Schlaf im Nachtdienst stellte einen signifikanten Einflussfaktor für die Nachtdienst-bedingte Fehlerzahl dar.....	71
Abbildung 34: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler und Zeit_Schlaf_Diff Die Nachtdienst-bedingte Differenz der Menge an Schlaf stellte einen signifikanten Einflussfaktor für die Nachtdienst-bedingte Fehlerzahl dar.....	72
Abbildung 35: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler und subjektive_Empfindung_Dienst Die subjektive Stress-Empfindung im Nachtdienst stellte einen signifikanten Einflussfaktor für die Nachtdienst-bedingte Fehlerzahl dar.	73
Abbildung 36: Zusammenhang Geteilte Aufmerksamkeit_Diff_Fehler und Nacht_letzte_Aktivität Die letzte Aktivität vor dem Dienst war ein signifikanter Einflussfaktor für die Nachtdienst-bedingte Fehlerzahl.....	74
Abbildung 37: Zusammenhang Inkompatibilität_Diff_Fehler und PANAS_Neg_Nacht Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Negativen Affekt nach Nachtdienst und der Nachtdienst-bedingten Anzahl an Fehlern.....	75
Abbildung 38: Zusammenhang Inkompatibilität_Reaktionszeit_Nacht und Nacht_letzte_Aktivität Die letzte Aktivität vor dem Nachtdienst war ein signifikanter Einflussfaktor für die Reaktionszeiten nach Nachtdienst. Freizeit vor dem Dienst war mit schnellere Reaktionen assoziiert.	76
Abbildung 39: Zusammenhang Inkompatibilität_Diff_Reaktionszeit und Nacht_letzte_Aktivität Die letzte Aktivität vor dem Nachtdienst war ein signifikanter Einflussfaktor für die Nachtdienst-bedingte Veränderung der Reaktionszeiten. Freizeit vor dem Dienst war mit einer verminderten Nachtdienst-bedingten Differenz der Reaktionszeiten assoziiert.....	77
Abbildung 40: Yerkes-Dodson Gesetz [70].....	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Operationalisierung der einzelnen Aufmerksamkeitskomponenten [7] (EKP = evozierte kognitive Potentiale, CNV = contingent Negative Variation, SN = Selection Negativity, TAP = Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung, FCRT = Four Choice Reaktion Time Test)	10
Tabelle 2: Items der PANAS (PA= Positiver Affekt, NA= Negativer Affekt).....	21
Tabelle 3: Odd-Even-Reliabilitäten der TAP-Tests [1]	25
Tabelle 4: Wichtige Testparameter für die Interpretation der Ergebnisse (RZ= Reaktionszeit)	32
Tabelle 5: Zusätzlich berechneter Testparameter.....	32
Tabelle 6: Anzahl Unterbrechungen des Schlafes	35
Tabelle 7: Anzahl der Einsätze im Nachtdienst.....	35
Tabelle 8: Mittelwerte und Signifikanz der subjektiven Einschätzung der kognitiven Leistungsfähigkeit (max. Punktzahl = 5)	37
Tabelle 9: Kennungen - Testparameter TAP Vergleich ausgeruht-nach Nachtdienst..	49
Tabelle 10: Korrelation von Geteilte Aufmerksamkeit_Fehler_Nacht mit Nacht_Zeit_Schlaf bzw. subjektive_Empfindung_Dienst Die Fehleranzahl nach Nachtdienst zeigten einen signifikanten Zusammenhang mit der Menge der Schlafes sowie mit der subjektiven Empfindung des Nachtdienstes.	70

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Fragebogen „nach Nachtdienst“	112
Anhang 2: Fragebogen „ausgeruht“	113
Anhang 3: PANAS-Fragebogen.....	114

Anhang

Anhang 1: Fragebogen „nach Nachtdienst“

**Untersuchung neurokognitiver Leistung nach Nachtarbeit im
Notarzdienst**

Probandennummer: _____ Datum: ____ . ____ . ____

Untersuchung: nach Nachtdienst

Alter: _____ Geschlecht: männlich weiblich

Berufserfahrung als Notarzt in Jahren (gerundet): _____

Fachrichtung: Innere Medizin Anästhesie Chirurgie Sonstige

Teilzeit- oder Vollzeitbeschäftigt

Niedergelassen oder klinisch tätig

Durchschnittliche Anzahl der Notarztschichten (12h) pro Monat: _____

Was haben Sie in den 24 Stunden vor dem Notarzdienst gemacht? (Arbeit/Freizeit/Schlaf)

_____ Dienst von 19:00 bis jetzt _____

18:00 24:00 6:00 12:00 18:00 24:00 jetzt

Wie viele Einsätze hatten Sie letzte Nacht? _____

Von wann bis wann fanden diese statt? _____

Von wann bis wann lagen Sie im Bett? _____

Von wann bis wann haben Sie geschlafen? _____

Bitte markieren Sie auf der Skala (rechts sehr, links wenig):

Als wie anstrengend haben Sie den Dienst empfunden?

Was glauben Sie, wie leistungsfähig sind Sie im Augenblick?

Was glauben Sie, wie konzentrationsfähig sind Sie im Augenblick?

Was glauben Sie, wie aufmerksam sind Sie im Augenblick?

Wie fühlen Sie sich gerade?

sehr wach	wach	weder wach noch müde	müde aber kein Problem wach zu bleiben	sehr müde, große Probleme wach zu bleiben
-----------	------	----------------------	--	---

Haben Sie innerhalb der Schicht koffeinhaltige oder andere anregende Getränke zu sich genommen?

ja nein (Wenn ja, was, wann und in welcher Menge? _____)

Anhang 2: Fragebogen „ausgeruht“

Untersuchung neurokognitiver Leistung nach Nachtarbeit im Notarzdienst

Probandennummer: _____ Datum: _____.____._____

Untersuchung: ausgeruht

Alter: _____ Geschlecht: männlich weiblich

Berufserfahrung als Notarzt in Jahren (gerundet): _____

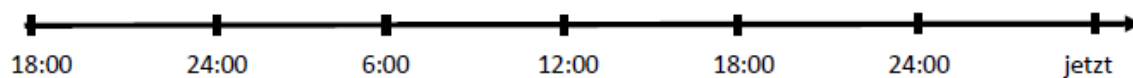
Fachrichtung: Innere Medizin Anästhesie Chirurgie Sonstige

Teilzeit- oder Vollzeitbeschäftigt

Niedergelassen oder klinisch tätig

Durchschnittliche Anzahl der Notarztschichten (12h) pro Monat: _____

Was haben Sie in den letzten 36 Stunden gemacht? (Arbeit/Freizeit/Schlaf/Dienst)



Von wann bis wann lagen Sie letzte Nacht im Bett? _____

Von wann bis wann haben Sie letzte Nacht geschlafen? _____

Bitte markieren Sie auf der Skala (rechts sehr, links wenig):

Was glauben Sie, wie leistungsfähig sind Sie im Augenblick?

Was glauben Sie, wie konzentrationsfähig sind Sie im Augenblick?

Was glauben Sie, wie aufmerksam sind Sie im Augenblick?

Wie fühlen Sie sich gerade?

sehr wach	wach	weder wach noch müde	müde aber kein Problem wach zu bleiben	sehr müde, große Probleme wach zu bleiben
-----------	------	----------------------	--	---

Haben Sie innerhalb der letzten 12 Stunden koffeinhaltige oder andere anregende Getränke zu sich genommen?

ja nein (Wenn ja, was, wann und in welcher Menge? _____)

Anhang 3: PANAS-Fragebogen

PANAS

Probanden-Nr. _____

Datum: _____._____._____

Untersuchung: nach Nacht ausgeruht

Dieser Fragebogen enthält eine Reihe von Wörtern, die unterschiedliche Gefühle und Empfindungen beschreiben. Lesen Sie jedes Wort und tragen dann in die Skala neben jedem Wort die Intensität ein. Sie haben die Möglichkeit, zwischen fünf Abstufungen zu wählen.

Geben Sie bitte an, wie Sie sich **in diesem Moment** fühlen:

	ganz wenig oder gar nicht	ein bisschen	einigermassen	erheblich	äusserst
aktiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bekümmert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
interessiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
freudig erregt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
verärgert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stark	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
schuldig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
erschrocken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
feindselig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
angeregt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
stolz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gereizt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
begeistert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
beschämt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nervös	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
entschlossen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
aufmerksam	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
durcheinander	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ängstlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lebenslauf

Name: Luzia Maria Brandl
Anschrift: Kurfürstenstraße 2, 92637 Weiden
Telefon: +49 157 / 73 45 26 00
E-Mail: luzia.brandl@t-online.de
Geburtsdatum /-ort: 26. Mai 1993 in Weiden in der Oberpfalz
Familienstand: ledig

Schulische Ausbildung

1999-2003 Rehbühlschule Weiden, Grundschule
2003-2011 Augustinus-Gymnasium Weiden, Abschluss: Abitur (1,2)

Hochschulstudium

2011 – 2013 Universität Regensburg, Medizin (Vorklinik)
August 2013 Physikum (Note 1,5)
2013 – 2018 Universität Regensburg, Medizin (Klinik)
April 2017 Schriftliches Staatsexamen (Note 2)
November 2018 Mündliches Staatsexamen (Note 1)

Ärztliche Tätigkeit

28. Dezember 2018 Approbation als Ärztin durch die Regierung von Oberbayern, München
08/2019 – 01/2022 Assistenzärztin (Allgemeinmedizin), Klinikum Weiden
Ab 01. Februar 2022 Assistenzärztin (Allgemeinmedizin), Praxis Weiherhammer

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die darin angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Außer der vorliegenden Arbeit habe ich keine weiteren Arbeiten zur Begutachtung als Dissertation an der Universität Regensburg oder an anderen Universitäten eingereicht.

Weiden, 11. August 2022

Luzia Brandl

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. Metterlein für die Überlassung des Themas, die guten Ratschläge und seine tatkräftige Unterstützung bei der Ausarbeitung der Arbeit.

Danken möchte ich auch dem Direktor der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Regensburg, Herrn Prof. Dr. Graf für das Ermöglichen des praktischen Teils der Arbeit am Notarztstandort Regensburg Süd und im Luftrettungszentrum Regensburg.

Ein großer Dank gilt allen Notärzten und Notärztinnen des Universitätsklinikums Regensburg, die sich die Zeit genommen haben, an meiner Studie teilzunehmen.

Weiterhin danken will ich Frau Dr. Monika Eckstein, welche mir stets mit ausführlichen Ratschlägen und lieben Worten zur Seite stand. Außerdem danke ich dem Zentrum für klinische Studien des Universitätsklinikums Regensburg und für die statistische Beratung.

Meiner Familie und meinen Freunden möchte ich im Besonderen danken. Sie haben mit viel Geduld und Nachsicht die Arbeit begleitet. Vor allem danken möchte ich meinem Lebensgefährte Lukas Höllerer, der mich stets motiviert und unterstützt hat. Außerdem danke ich Franziska und Lola Stangl, Michael Höllerer, Thomas Varga, meinem Vater Berthold Brandl und meiner Mutter Franziska Lang für die Korrekturen und Verbesserungsvorschläge. Alexander Leitermann danke ich für die Hilfe bei dem täglichen Kampf mit Word.

Am meisten möchte ich mich bei meinen Eltern für die finanzielle und emotionale Unterstützung zu jeder Zeit bedanken. Sie haben meinen beruflichen Werdegang ermöglicht. Ihnen ist diese Doktorarbeit gewidmet.