



Fakultät Life Sciences
Department Gesundheitswissenschaften

Bachelorarbeit

**Der Zusammenhang von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen:
Ergebnisse aus der Hamburg City Health Study**

Vorgelegt von:

Chiara Ana Gangloff [REDACTED]

E-Mail: [REDACTED]

Bachelor Gesundheitswissenschaften

Erstprüferin: Prof. Dr. Zita Schillmöller

Zweitprüfer: Prof. Dr. Hanno Hoven

Sommersemester 2025

Abgabedatum: 30.08.2025

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Zusammenfassung.....	1
1 Einleitung	2
1.1 Problemstellung	2
1.2 Ziele	3
2 Theoretischer Hintergrund von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen.....	3
2.1 Schichtarbeit	3
2.1.1 Rechtsgrundlage	3
2.1.2 Schichtarbeitsmodelle	5
2.1.3 Chronobiologie.....	5
2.2 Kognitive Funktionen.....	7
2.2.1 Definition	7
2.2.2 Kognitive Dysfunktion.....	8
2.2.3 Trail Making Test.....	9
2.3 Stand der empirischen Forschung.....	10
3 Fragestellungen und Hypothesen.....	15
4 Methodik	16
4.1 Daten	17
4.2 Stichprobe.....	17
4.3 Unabhängige & abhängige Variable	18
4.4 Covariablen.....	18
4.5 Statistische Analyse	18
5 Ergebnisse	19
5.1 Deskriptive Darstellung	20
5.1.1 Stichprobenbeschreibung.....	20
5.1.2 Ergebnisse des TMT	21
5.2 Bivariate Zusammenhänge.....	22
5.3 Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse	23
6 Diskussion.....	28
6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	28
6.2 Einordnung der Ergebnisse in den aktuellen Forschungsstand	29
6.3 Limitationen und Stärken.....	31
7 Fazit	34

Literaturverzeichnis	35
Eidesstattliche Erklärung	38
Anhang.....	39
A1 Tabelle Bivariate Zusammenhänge	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Deskriptive Charakteristika der Stichprobe stratifiziert nach Arbeitszeitmodell	21
Tabelle 2: Bivariate Zusammenhänge mit kognitiven Funktionen.....	23
Tabelle 3: Multiple lineare Regressionsanalyse TMT-A	26
Tabelle 4: Multiple lineare Regressionsanalyse TMT-B	27
Tabelle 5: Bivariate Zusammenhänge mit allen Variablen.....	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der deskriptiven Ergebnisse des TMT-A von TagarbeiterInnen und SchichtarbeiterInnen als Box-Plot basierend auf den Medianen (eigene Darstellung)	21
Abbildung 2: Darstellung der deskriptiven Ergebnisse des TMT-B von TagarbeiterInnen und SchichtarbeiterInnen als Box-Plot basierend auf den Medianen (eigene Darstellung)	22

Abkürzungsverzeichnis

ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbZG	Arbeitszeitgesetz
df	Freiheitsgrad
GewO	Gewerbeordnung
GG	Grundgesetz
HCHS	Hamburg City Health Study
IQR	Interquartilsabstand
ISCED	Internationale Standardklassifikation des Bildungswesens
JArbSchG	Jugendarbeitsschutzgesetz
KI	Konfidenzintervall
MuSchG	Mutterschutzgesetz
MW	Mittelwert
r	Korrelationskoeffizient (nach Pearson)
r^2	Adjustiertes R-Quadrat
\bar{r}	durchschnittlicher Korrelationskoeffizient (nach Pearson)
RSE	Standardfehler der Residuen
rs-NIRS	Nahinfrarotspektroskopie im Ruhezustand
SCN	Nucleus suprachiasmaticus
SD	Standardabweichung
SGB	Sozialgesetzbuch
SOP	standardisierte Vorgehensweise
TMT	Trail Making Test
TMT-A	Trail Making Test Part A
TMT-B	Trail Making Test Part B
UKE	Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
β	Beta-Koeffizient
ρ	Rangkorrelation (nach Spearman)

Zusammenfassung

Hintergrund: Schichtarbeit ist unerlässlich für die andauernde Aufrechterhaltung bestimmter Produktionen und Dienstleistungen. Allerdings geht mit der Schichtarbeit ein gesundheitliches Risiko für die Beschäftigten einher. Insbesondere die schichtarbeitsbedingte Disruption des zirkadianen Rhythmus beeinflusst die Schlafgesundheit, was wiederum Auswirkungen auf die kognitiven Funktionen haben kann. Einschränkungen der kognitiven Funktionen bedeuten einerseits Konsequenzen für das berufliche und alltägliche Leben der Betroffenen selbst. Auf der anderen Seite stellt eine verminderte Leistungsfähigkeit in Berufen wie beispielsweise der Feuerwehr und Polizei auch ein Risiko für die Allgemeinheit dar. Aufgrund dessen zielt die vorliegende Studie darauf ab, Unterschiede zwischen Tag- und SchichtarbeiterInnen hinsichtlich der kognitiven Funktionen zu analysieren.

Methoden: In einer Sekundärdatenanalyse auf Basis der Daten der Hamburg City Health Study (HCHS) wird der Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen untersucht. Dabei wird zwischen den TeilnehmerInnen unterschieden, die aktuell in Schichtarbeit tätig sind, und denen, die reguläre Tagarbeit leisten. Die kognitiven Funktionen werden mittels des Trail Making Tests (TMT) erfasst. Zur Auswertung werden zunächst bivariate Analysen und anschließend eine schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

Ergebnisse: Nach Adjustierung für mögliche Confounder (Alter, Geschlecht, Bildung, Schlafdauer, körperliche Aktivität) zeigen SchichtarbeiterInnen im Vergleich zu TagarbeiterInnen im Durchschnitt schlechtere Leistungen bei dem TMT, was auf geringe kognitive Funktionen hinweist. Dieser Unterschied ist jedoch im volladjustierten Modell nicht statistisch signifikant. Unter den Kontrollvariablen ist insbesondere das Alter und das Bildungsniveau statistisch signifikant mit den kognitiven Funktionen assoziiert. Die Ergebnisse sollten vor dem Hintergrund methodischer Limitationen vorsichtig interpretiert werden.

Fazit: Die gewonnenen Erkenntnisse zu möglichen Einschränkungen kognitiver Funktionen im Zusammenhang mit Schichtarbeit haben eine besondere Bedeutung für die Praxis. ArbeitgeberInnen tragen eine Verantwortung für den Schutz der Gesundheit der Beschäftigten - die Ergebnisse können daher als Impuls für die Entwicklung gesundheitsförderlicher und präventiver Maßnahmen dienen. Darüber hinaus besteht eine besondere wissenschaftliche Relevanz, da auf bestehende Forschungsbedarfe hingewiesen und die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen in diesem Themenfeld unterstrichen wird.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Schichtarbeit ist ein Arbeitszeitmodell, bei dem die Beschäftigung zu wechselnden Tages- oder Nachtzeiten ausgeübt wird oder dessen Arbeitszeiten zwar konstant sind, aber von den Zeiten der Tagarbeit abweichen (AWMF 2020, S. 15ff.). Schichtdienstsysteme sind vor allem in der Industrie, im öffentlichen Dienst, beispielsweise bei der Polizei und Feuerwehr, im Gesundheitswesen sowie im Dienstleistungsgewerbe verbreitet (AWMF 2020, S. 11). Im Jahr 2023 leisteten in Deutschland etwa 14,8 % der 15- bis 64-jährigen ArbeitnehmerInnen Schichtarbeit, wobei sich hinsichtlich des Geschlechts Unterschiede feststellen lassen. So arbeiteten 16,4 % aller männlichen Arbeitnehmer in Deutschland im Schichtsystem, während der Anteil der weiblichen Arbeitnehmerinnen bei 13,0 % lag (Eurostat, 2024). Während das Alter ein untergeordneter Faktor bei der Häufigkeit von Schichtarbeit zu sein scheint, wird dem Bildungsniveau eine größere Bedeutung zugesprochen. Es ist auffällig, dass der Anteil an SchichtarbeiterInnen mit steigendem Bildungsniveau abnimmt (AWMF 2020, S. 16f.).

Wissenschaftliche Untersuchungen konnten ein gesundheitliches und soziales Risiko für die ArbeiterInnen durch die Beschäftigung in einem Schichtsystem feststellen (BAuA o.J.). Schichtarbeit hängt mit einer Störung des zirkadianen Rhythmus zusammen, was zu einer verkürzten Schlafdauer, einer verminderten Schlafqualität sowie einem vermehrten Auftreten von Fatigue und Tagesschläfrigkeit führen kann (AWMF 2020, S. 28f.). Der zirkadiane Rhythmus, auch als innere Uhr bezeichnet, umfasst die Fähigkeit die physiologischen Prozesse des Organismus in einer Periodenlänge von 24 Stunden zu regulieren (Born & Birbaumer 2019, S. 804). Einige Studien untersuchen die Auswirkungen der Störung des zirkadianen Rhythmus auf die kognitiven Funktionen. Dies ist besonders für die berufliche Leistungsfähigkeit relevant, da sowohl eine verringerte Produktivität als auch ein erhöhtes Risiko für Verletzungen oder Todesfälle bei sicherheitsrelevanten Tätigkeiten die Folge sein können (Cheng et al. 2017, S. 144). Neben den individuellen Auswirkungen auf die Beschäftigten selbst, kann eine verminderte berufliche kognitive Leistungsfähigkeit, besonders von PolizistInnen, Feuerwehrpersonal und medizinischem Personal, auch ein Risiko für die Bevölkerung darstellen. Aber auch für die Bewältigung von Alltagssituationen, wie einkaufen, kochen oder telefonieren sind die kognitiven Funktionen von großer Bedeutung, sodass eine Störung dieser Funktionen erhebliche Einschränkungen im alltäglichen Leben bedeuten können (Ell et al. 2023, S. 2). Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass eine Beschäftigung im Schichtsystem im Zusammenhang mit dem Auftreten von Demenz steht, wobei u.a. ein irregulärer Schlaf-Wach Rhythmus diesen Zusammenhang beeinflussen kann. Demenz ist ein chronisch neurodegeneratives Syndrom, welches sich in einer fortschreitenden Abnahme der kognitiven Funktionen äußert (Leso et al. 2021, S. 222ff.). Die Deutsche Alzheimer

Gesellschaft berichtet, dass derzeit etwa 1,84 Millionen Menschen in Deutschland eine Demenzerkrankung haben (DAG 2024).

1.2 Ziele

Während die Auswirkungen von Schichtarbeit auf den Schlaf der Beschäftigten bereits umfangreich untersucht wurden, ist die Studienlage zum Zusammenhang mit kognitiven Funktionen nicht eindeutig. Um einen fundierteren Eindruck des Zusammenhangs von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen zu generieren, ist das Ziel der Arbeit, Unterschiede zwischen Tag- und SchichtarbeiterInnen hinsichtlich ihrer kognitiven Funktionen festzustellen. Darüber hinaus sollen mögliche Confounder berücksichtigt werden. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung von präventiven Maßnahmen, die dem Risiko von kognitiven Funktionseinschränkungen entgegenwirken. Außerdem geben die Ergebnisse Anlass für weiterführende Forschung.

2 Theoretischer Hintergrund von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen

Die folgenden Kapitel greifen die in der Einleitung erwähnten Aspekte auf und dienen der inhaltlichen und begrifflichen Grundlage der vorliegenden Arbeit. Zunächst wird der Begriff Schichtarbeit näher erläutert, indem sowohl rechtliche Rahmenbedingungen als auch gängige Schichtarbeitsmodelle dargestellt werden. Zudem wird auf die chronobiologischen Grundlagen eingegangen, die eine zentrale Rolle für das Verständnis möglicher gesundheitlicher Auswirkungen spielen. Anschließend werden kognitive Funktionen näher definiert und die Ausprägungen und Ursachen von kognitiven Dysfunktionen erläutert. Abschließend wird der Trail Making Test als diagnostisches Verfahren zur Erfassung kognitiver Funktionen vorgestellt.

2.1 Schichtarbeit

2.1.1 Rechtsgrundlage

Grundsätzliche Bedingungen, Rechte und Pflichten im Kontext der Arbeit sind im Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) geregelt. Dieses dient dem Schutz der Beschäftigten und damit eingeschlossen auch dem Schutz vor negativen gesundheitlichen Auswirkungen durch Schichtarbeit. Die Pflicht des Arbeitgebers bzw. der Arbeitgeberin, Maßnahmen zu implementieren, die die Sicherheit der Beschäftigten gewährleisten, ist in § 3 ArbSchG geregelt und gilt auch für Schichtarbeit. Für eine effektive und nachhaltige Entwicklung der Schutzmaßnahmen ist eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen essentiell, weshalb der Arbeitgeber bzw. die Arbeitgeberin gemäß §§ 5, 6 ArbSchG zu der Durchführung und

Dokumentation von Gefährdungsbeurteilungen verpflichtet ist. Dabei müssen neben unter anderem physikalischen Belastungen auch die Belastungen erfasst werden, die von Schicht- und Nachtarbeit ausgehen und sich zum Beispiel auf die kognitiven Funktionen der Beschäftigten auswirken können (§ 5 Abs. 3 Nr. 4 ArbSchG). Darüber hinaus besteht die Pflicht, die Beschäftigten über die gesundheitlichen Risiken, die mit den Arbeitsbedingungen bzw. der Schichtarbeit in Verbindung stehen, aufzuklären (§ 12 ArbSchG).

Die Arbeitszeiten sind prägend für die Ausgestaltung von Schichtarbeitssystemen und werden zum Schutz der Beschäftigten zentral in § 6 des Arbeitszeitgesetzes (ArbZG) reguliert. Unter anderem sieht es einen Anspruch auf eine arbeitsmedizinische Untersuchung der Nachschichttauglichkeit vor Beginn der Beschäftigung und auch in regelmäßigen Abständen danach vor (§ 6 Abs. 3 ArbZG). Des Weiteren regelt § 6 Abs. 5 ArbZG Ausgleichsansprüche auf freie Tage und angemessene Zuschläge. Gemäß § 106 Gewerbeordnung (GewO) hat der Arbeitgeber bzw. die Arbeitgeberin das Recht „Inhalt, Ort und Zeit der Arbeitsleistung“ festzulegen. Allerdings müssen die festgelegten Arbeitsbedingungen den Bestimmungen aus z.B. Arbeits- oder Betriebsverträgen sowie den gesetzlichen Vorschriften entsprechen (§ 106 Satz 1 GewO). Demnach müssen die Arbeitszeiten den „gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen über die menschengerechte Gestaltung der Arbeit entsprechen“, um auch dem im Grundgesetz (GG) geregelten Grundrecht auf körperliche Unversehrtheit (Art. 2 Abs. 1 S. 1 GG) Folge zu leisten (AWMF 2020, S. 19f.).

Weitere relevante Vorschriften im Kontext von Schicht- und Nachtarbeit widmen sich dem besonderen Schutz von vulnerablen Personengruppen. Gemäß des Jugendarbeitsschutzgesetzes (JArbSchG) dürfen Jugendlichen „nur in der Zeit von 6 bis 20 Uhr beschäftigt werden“ (§ 14 Abs. 1 JArbSchG). Das nächtliche Beschäftigungsverbot von 20 bis 6 Uhr gilt ebenfalls für schwangere und stillende Frauen und ist in § 5 Abs. 1 Nr. 1 MuSchG geregelt. Allerdings kann unter Erfüllung der in § 28 Abs. 1 MuSchG bestimmten Voraussetzungen, eine Beschäftigung von schwangeren und stillenden Frauen zwischen 20 und 22 Uhr genehmigt werden. Menschen mit Behinderung unterliegen in der Regel den grundsätzlichen Vorschriften, sofern sie gemäß § 164 Abs. 4 Nr. 4 SGB IX keinen Anspruch auf einen Tagesarbeitsplatz haben (AWMF 2020, S. 21f.).

Es wird deutlich, dass die Rechtsgrundlage in Deutschland verschiedenste Formen und Modelle der zeitlichen Gestaltung von Arbeit ermöglicht bzw. mit Hinblick auf vulnerable Gruppen auch erfordert. Diese Variation lässt sich auch bei der Gestaltung von Schichtarbeitssystemen feststellen. Da verschiedene Schichtarbeitsmodelle mit unterschiedlichen Belastungen einhergehen können, werden im folgenden Abschnitt verschiedene Modelle von Schichtarbeit beschrieben.

2.1.2 Schichtarbeitsmodelle

Bei der Gestaltung von Schichtarbeitssystemen wird zwischen permanenten Schichtsystemen und Wechselschichtsystemen unterschieden. Unter permanenten Schichtsystemen sind z.B. Dauerfrüh-, Dauerspät- oder Dauernachtschichten zu verstehen. Wechselschichtsysteme bezeichnen die Arbeitszeitmodelle, bei denen die Arbeit in abwechselnden Zeitfenstern erbracht wird. Es wird differenziert zwischen Systemen mit bzw. ohne Nacharbeit und mit bzw. ohne Wochenendarbeit. Je nach Abfolge der Schichten werden bei Wechselschichtsystemen außerdem verschiedene Rotationsrichtungen, Rotationsgeschwindigkeiten und die Anzahlen der aufeinanderfolgenden freien Tage unterschieden. Bei der Vorwärtsrotation verschiebt sich der Beginn der Einzelschicht bei einem Schichtwechsel im Uhrzeigersinn, bei der Rückwärtsrotation hingegen gegen den Uhrzeigersinn. Die sogenannte schnelle Rotation bezeichnet ein Modell, bei dem die Beschäftigten wenig Einzelschichten einer Schichtart in Folge haben (schneller Wechsel der Schichtart), während eine langsame Rotation mit einem langsamen Wechsel der Schichtart einhergeht. Darüber hinaus gibt es einerseits Systeme, bei denen die Betriebsabläufe 24 Stunden am Tag aufrechterhalten werden, sogenannte kontinuierliche Systeme. Andererseits implizieren diskontinuierliche Systeme arbeitsfreie Tage. Außerdem wird eine Unterscheidung abhängig von der Anzahl an Schichtarten (z.B. Zwei- und Dreischichtsysteme) vorgenommen. Im Gegensatz zu regelmäßig verteilten Schichtgruppen hängt bei unregelmäßig verteilten Schichtgruppen die Anzahl an Beschäftigten von der Auftragslage ab (AWMF 2020, S. 15).

Die verschiedenen Schichtarbeitsmodelle gehen mit unterschiedlichen Auswirkungen für die Beschäftigten einher. Einen besonders großen Einfluss haben die verschiedenen Modelle auf den Schlaf der Beschäftigten. Faktoren wie die Tageszeit, zu der der Schlaf stattfindet, die Schlafdauer sowie die Schlafqualität werden je nach Modell in unterschiedlicher Weise beeinflusst. Beschäftigte, die beispielsweise häufig nachts arbeiten, schlafen dementsprechend oft tagsüber, was nicht im Einklang mit der „inneren Uhr“, dem sogenannten zirkadianen Rhythmus, ist. Eine solche Störung des zirkadianen Rhythmus ist grundlegend für die Erklärung von gesundheitlichen Auswirkungen bzw. Auswirkungen auf die kognitiven Funktionen durch Schichtarbeit. Der folgende Abschnitt widmet sich daher der Chronobiologie und dem zirkadianen Rhythmus.

2.1.3 Chronobiologie

Die Chronobiologie, also die Wissenschaft „vom zeitlichen Rhythmus biologischer Prozesse“ (Rodenbeck 2020, S. 1), und insbesondere das System der zirkadianen Rhythmen sind grundlegend für die Erklärung der gesundheitlichen Auswirkungen von Schichtarbeit. Der zirkadiane Rhythmus, umgangssprachlich auch „innere Uhr“ genannt, reguliert die natürlichen

tageszeitlichen Prozesse, die in einem Zeitraum von etwa 24 Stunden systematische Schwankungen aufweisen und sich periodisch wiederholen. Zu diesen Prozessen zählen sowohl physiologische und metabolische als auch Verhaltens- und kognitive Funktionen (AWMF 2020, S. 24). Aschoff bezeichnet das zirkadiane System als einen „Ausdruck phylogenetischer Anpassung an die auf der Erde herrschenden Bedingungen“ (Aschoff 1973, S. 19), da sich im Rahmen der Evolution eine „biologische Uhr“ entwickelt habe, die etwa der Rotation der Erde entspreche.

Die Regulierung der zirkadianen Prozesse erfolgt zentral im Nucleus suprachiasmaticus (SCN) des Hypothalamus, einem Teil des Gehirns, der für die Steuerung des vegetativen Nervensystems verantwortlich ist (z.B. Atmung, Körpertemperatur). Der SCN ist mit anderen Regionen im Hirn verschaltet, sodass er u.a. von spezialisierten Sinneszellen in den Augen Signale erhält. Neben der zentralen Regulierung im SCN erfolgt die Steuerung der zirkadianen Rhythmen außerdem durch periphere Uhren (sogenannte periphere Oszillatoren), was bedeutet, dass auch Zellen außerhalb des SCN eine eigene zirkadiane Uhr besitzen. Das Netzwerk aus dem SCN und den peripheren Uhren reguliert somit sämtliche Prozesse in nahezu allen Geweben des Körpers wie der Nebenniere und Leber. Soziale und äußere Faktoren fungieren als Zeitgeber, um das zirkadiane System an die externe Zeit anzupassen. Das Licht gilt als der wichtigste äußere Zeitgeber, welcher die innere Uhr mit der 24-Stunden Rotation der Erde synchronisiert. Die von den Augen wahrgenommene Information über einen Licht-Dunkel-Wechsel erreicht über den retino-hypothalamischen Trakt den SCN, welcher das Signal an die peripheren Uhren weiterleitet. So wird z.B. die Synthese von Melatonin, einem Neurohormon, welches den Schlaf-Wach-Rhythmus reguliert, unterdrückt. Allerdings reagieren die zirkadianen Rhythmen nicht nur auf äußere Zeitgeber (AWMF 2020, S. 24f.; Husse et al. 2013, S. 493f.). Aschoff's „Bunker-Experiment“ konnte zeigen, dass die intrinsische Periodenlänge vieler Rhythmen unter konstanten Laborbedingungen (in vollständiger Abwesenheit von Zeitsignalen) weiter bestehen bleibt bzw. bei etwas mehr als 24 Stunden liegt. Im „echten Leben“ existiert eine solche vollkommene Isolation jedoch nicht, weshalb die innere Uhr durch äußere und soziale Zeitgeber mit dem 24 Stunden Tag synchronisiert ist (AWMF 2020, S. 24f.; Husse et al. 2013, S. 493, zitiert nach Aschoff 1965). Schichtarbeit und besonders Nacharbeit führt dazu, dass der Schlaf tagsüber und damit während der Lichtphase stattfindet. Dies ist gegensätzlich zu dem zuvor erläuterten biologischen Schlaf-Wach-Rhythmus, weshalb in diesem Fall auch von einer Störung des zirkadianen Rhythmus gesprochen werden kann.

In der Bevölkerung ist eine erhebliche interindividuelle Variation der Synchronisationsphase festzustellen. Die Variation der Phasenlage wird anhand verschiedener Parameter, z.B. der Phasenlage einzelner Zellen, des Beginns der Melatoninbildung sowie der Schlafmitte

(Mittelpunkt zwischen Schlafbeginn und Schlafende), bestimmt. Je nach Phasenlage der inneren Uhr werden zwei sogenannte Chronotypen, nämlich frühe („Lerchen“) und späte Chronotypen („Eulen“), unterschieden. Das Alter und das Geschlecht haben Einfluss auf den Chronotypen, sodass junge Menschen eher zu den späten Chronotypen zählen, während Frauen, verglichen mit Männern, häufiger frühe Chronotypen sind. Im Hinblick auf die Arbeitszeitgestaltung bzw. die gesundheitlichen Auswirkungen von Schichtarbeit kann die Berücksichtigung des Chronotyps daher von Bedeutung sein (AWMF 2020, S. 25; Husse et al. 2013, S. 493).

Die Auseinandersetzung mit der Chronobiologie konnte zeigen, dass Schichtarbeit in komplexer Weise den zirkadianen Rhythmus des Menschen beeinflussen bzw. stören kann, was grundlegend für die Auswirkungen auf die Gesundheit ist. Da der zirkadiane Rhythmus und damit einhergehend der Schlaf ein entscheidender Faktor für kognitive Funktionen sind, wird der Begriff im Folgenden definiert.

2.2 Kognitive Funktionen

2.2.1 Definition

Als kognitive Funktionen werden „alle bewussten und nicht bewussten Vorgänge, die bei der Verarbeitung von Organismus-externer oder –interner Information ablaufen“ (Birbaumer & Schmidt 2011, S. 238) verstanden. In Bezug auf die Informationsverarbeitung werden drei verschiedene Gedächtnisprozesse unterschieden. Das Arbeitsgedächtnis (auch „Kurzzeitgedächtnis“ genannt) umfasst Prozesse, bei denen Informationen aufmerksam beachtet, abgespeichert und verarbeitet werden. Zentral ist hierbei das Abrufen von Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis und die Verknüpfung dessen mit der neuen Information, um anschließend Schlüsse daraus zu ziehen. Allerdings ist sowohl die Menge an Informationen, die gespeichert werden können, als auch die Dauer, in der auf die gespeicherten Informationen zurückgegriffen werden kann, ohne dass es einer erneuten Verarbeitung bedarf, begrenzt. Beispielsweise kann es sein, dass man sich eine fünfstellige Zahlenfolge ohne mehrfache Wiederholung merken kann, dies aber bei einer sechsten Ziffer nicht mehr möglich ist (begrenzte Menge). Außerdem ist es möglich, dass man sich diese Zahlenfolge ohne sie mehrfach zu wiederholen für 10, nicht aber für 15 Sekunden merken kann (begrenzte Dauer). Das Ausmaß der Beschränkungen des Arbeitsgedächtnisses ist abhängig vom Alter, der Aufgabe sowie der verarbeiteten Informationen (Siegler et al. 2021, S. 148).

Das Langzeitgedächtnis hingegen ist hinsichtlich seiner Kapazität sowie der Verarbeitungsdauer nicht begrenzt. So ist es möglich, auf Wissen, welches in der Schule erworben wurde, Jahrzehnte später zurückzugreifen, auch wenn diese Informationen in der Zwischenzeit nie gebraucht wurden. Das Langzeitgedächtnis speichert das über die gesamte

Lebenszeit erworbene Wissen. Dieses Wissen kann sich u.a. auf Fakten (z.B. Hauptstädte), Konzepte (z.B. Begriffe wie Gerechtigkeit), Verfahren (z.B. Wissen, wie man einen Basketball wirft) und Einstellungen (z.B. Vorlieben oder Ablehnung von bestimmten Nahrungsmitteln) beziehen (Siegler et al. 2021, S. 149).

Neben den Kurz- und Langzeitgedächtnisprozessen werden auch exekutive Funktionen unterschieden. Darunter sind kognitive Prozesse zu verstehen, die das Verhalten steuern, indem Informationen aus dem Kurz- und dem Langzeitgedächtnis integriert werden. Sie sind besonders bedeutend für das Urteilsvermögen, die Entscheidungsfindung, die Problemlösung sowie die Beurteilung von Situationen und lassen sich in drei grundlegende Arten unterteilen. Exekutive Funktionen beinhalten unter anderem die Fähigkeit, impulsives Verhalten zu kontrollieren, z.B. dann, wenn man der Versuchung widersteht, zum Handy zu greifen, obwohl man lernen sollte. Sie umfassen außerdem Strategien zur Verbesserung des Arbeitsgedächtnisses, wie das gezielte Fokussieren auf relevante Informationen. Ein weiterer Aspekt ist die kognitive Flexibilität, die sich zeigt, wenn man in einem Konflikt die Sichtweise einer anderen Person einnehmen kann, auch wenn diese von der eigenen Perspektive abweicht (Siegler et al. 2021, S. 149; Kiely 2014, S. 975).

Die beschriebenen Prozesse umfassen den Erwerb von Wissen, die Verarbeitung von Informationen sowie das logische Denken. Darüber hinaus lassen sich kognitive Funktionen in die Bereiche Wahrnehmung, Gedächtnis, Lernen, Aufmerksamkeit, Entscheidungsfindung und Sprachfähigkeit unterteilen (Kiely 2014, S. 975).

Nachdem die grundlegenden kognitiven Funktionen und ihre Bedeutung für das tägliche Leben dargelegt wurden, soll im folgenden Abschnitt der Fokus auf mögliche Beeinträchtigungen dieser Funktionen gelegt werden. Im Rahmen dessen werden auch mögliche Ursachen für Beeinträchtigungen von kognitiven Funktionen, zu denen auch Schichtarbeit zählt, aufgeführt.

2.2.2 Kognitive Dysfunktion

Beeinträchtigungen von kognitiven Funktionen können auf verschiedenste Ursachen zurückzuführen sein. Typischerweise geht mit dem Alterungsprozess des präfrontalen Kortex der Rückgang von vor allem exekutive Funktionen einher, welcher sich ab der Lebensmitte beschleunigen kann (Kiely 2014, S. 975). Kognitive Beeinträchtigungen, die über den natürlichen Alterungsprozess hinausgehen, werden auch als „leichte kognitive Störungen“ bezeichnet. Darunter zu verstehen sind „Zustände der Minderung von Merkfähigkeit, Aufmerksamkeit oder Denkvermögen (...), die zwar über die physiologische Leistungsabnahme der jeweiligen Altersstufe hinausgehen, aber nicht den Grad einer Demenz erreichen“ (Kurz et al. 2004, S. 6). Neben dem Alterungsprozess können auch Erkrankungen (z.B. Multiple Sklerose) bzw. die Behandlung bestimmter Erkrankungen wie eine

Chemotherapie zur Behandlung einer Krebserkrankung zu vorrübergehenden oder dauerhaften Beeinträchtigungen von kognitiven Funktionen führen (Penner 2014, S. 505; Rick & König 2022, S. 1). Aber auch Lebensstil- und sozioökonomische Faktoren sowie der Beruf können sich negativ auf die kognitiven Funktionen auswirken. So kann eine durch Schichtarbeit entstehende andauernde Disruption des zirkadianen Rhythmus Defizite der kognitiven Funktion zur Folge haben. Forschungsarbeiten konnten zeigen, dass diese Beeinträchtigungen in Form von Aufmerksamkeitslücken sowie verlangsamten Reaktionszeiten während der biologischen Nacht auftreten können. Des Weiteren können kognitive Funktionen wie die visuelle Suche (Erkennen von An- oder Abwesenheit eines Zielreizes) und die kognitive Flexibilität beeinträchtigt werden. Besonders eine Dysfunktion der kognitiven Flexibilität kann negative Folgen für die berufliche Leistungsfähigkeit haben. Auswirkungen dieser kognitiven Dysfunktion können eine verringerte Produktivität, ein erhöhtes Verletzungsrisiko und schlimmstenfalls Todesfälle sein (Cheng et al. 2017, S. 144). Untersuchungen des Verlaufes von leichten kognitiven Störungen konnten zeigen, dass die Symptome einiger Betroffener zu einer Demenz fortschreiten können (Kurz et al. 2004, S. 11). Demenz ist eine neurodegenerative Erkrankung, die sich häufig zunächst in gestörten Kurzzeitgedächtnisprozessen und einer eingeschränkten Merkfähigkeit äußert. Im Verlauf der Erkrankung kann es zusätzlich zu einer zunehmenden Beeinträchtigung der Aufmerksamkeit, der Sprache, des Denkvermögens, der Orientierung sowie dem schrittweisen Verlust von eingeprägten Inhalten des Langzeitgedächtnisses kommen (BMG 2024).

Für die Messung, Früherkennung und Diagnostik von zuvor beschriebenen Beeinträchtigungen kognitiver Funktionen und neurodegenerativen Erkrankungen kommen sowohl in der Forschung als auch in der Medizin kognitive Screeningverfahren zum Einsatz. Der Trail Making Test (TMT) zählt zu diesen standardisierten kognitiven Funktionstests. Der folgende Abschnitt beschreibt im Allgemeinen, wie der TMT durchgeführt wird, welche kognitiven Funktionen er erhebt und wie die Ergebnisse zu interpretieren sind.

2.2.3 Trail Making Test

Der Trail Making Test (TMT) ist ein international verbreitetes Screeningverfahren zur allgemeinen Begutachtung von Hirnfunktionsleistungen. Es dient der Diagnostik in den Bereichen Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit, visumotorische Verarbeitungsgeschwindigkeit, kognitive Flexibilität und exekutive Funktionen (Tischler & Petermann 2010, S. 79).

Der TMT ist ursprünglich als paper-pencil Version entwickelt worden und wird als solche auch häufig verwendet, allerdings liegen mittlerweile auch digitale Versionen vor. Der Test umfasst zwei Teile, Part A (TMT-A) und Part B (TMT-B), welche unmittelbar hintereinander durchgeführt werden und denen ein Übungsbeispiel vorausgeht. Erst nach erfolgreicher Durchführung des

Übungsbeispiels beginnt die Zeitmessung und der Test wird durchgeführt. Beim TMT-A müssen 25 zufällig angeordnete Zahlen (1-25) in aufsteigender Reihenfolge miteinander verbunden werden. Beim TMT-B hingegen müssen sowohl Zahlen (1-13) als auch Buchstaben (A-L) abwechselnd in aufsteigender bzw. alphabetischer Reihenfolge verbunden werden. Wenn der/die TeilnehmerIn einen Fehler macht, zeigt der/die VersuchsleiterIn unmittelbar auf die entsprechend richtige Stelle und weist zusätzlich verbal darauf hin. Die Zeit läuft auch während der Korrektur weiter. Ziel ist es, die Aufgaben in möglichst kurzer Zeit zu lösen und den Stift dabei nicht abzusetzen. Für die Diagnostik bei Kindern im Alter von 9-14 Jahren wird eine Kinderversion des TMT genutzt, die den gleichen Aufbau hat, jedoch weniger Zahlen und Buchstaben umfasst (Tischler & Petermann 2010, S. 79f.).

Während TMT-A vordergründig die Visumotorik (z.B. Auge-Hand-Koordination) sowie die visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit (Zeit, in der visuelle Informationen verarbeitet werden) erfasst, misst TMT-B Arbeitsgedächtnisprozesse, kognitive Flexibilität (z.B. Anpassung von Denken und Aufmerksamkeit an wechselnde Aufgaben), exekutive Funktionen sowie visuell räumliche Fähigkeiten (z.B. räumliche Vorstellung, Navigation in dreidimensionalem Raum). Die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse erfolgt anhand einer Einteilung in vier Wertebereiche. Eine Bearbeitungszeit des TMT-A von weniger als 27 Sekunden gilt als „perfekt“, 27-39 Sekunden als „normal“, 39-51 Sekunden als „leicht beeinträchtigt“ und mehr als 51 Sekunden als „schwer beeinträchtigt“. Eine Bearbeitungszeit des TMT-B von weniger als 66 Sekunden gilt als „perfekt“, 66-85 Sekunden als „normal“, 86-120 Sekunden als „leicht beeinträchtigt“ und mehr als 120 Sekunden als „schwer beeinträchtigt“ (Tischler & Petermann 2010, S. 80).

2.3 Stand der empirischen Forschung

Die Fall-Kontroll-Studie von Thomas et al. (2020) untersucht den Zusammenhang von schichtarbeitsbedingten Schlafstörungen und kognitiven Funktionen. Hierzu werden 20 männliche Seelotsen im Alter von 30-50 Jahren mit einer Kontrollgruppe, bestehend aus 20 männlichen Teilnehmern im Alter von 30-50 Jahren, verglichen. Die Seelotsen arbeiten ausschließlich in unregelmäßigen Schichten, deren Arbeitszeiten von der Anzahl der ankommenden Schiffe abhängig ist. Auf eine Arbeitswoche, in der die Seelotsen fragmentierten und kürzeren Schlaf haben, folgt eine Woche Pause. Die Teilnehmer der Kontrollgruppe gehen verschiedenen Berufen nach, deren kognitiver Anspruch vergleichbar mit dem kognitiven Anspruch des Fluglotsenberufes ist. Im Rahmen der Studie füllen die Teilnehmer beider Gruppen Fragebögen zur allgemeinen Gesundheit, dem kognitiven Zustand, Schlaf, Lebensqualität und ihrer Stimmung aus und unterziehen sich anschließend den neurokognitiven Tests der Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (Thomas et al. 2020, S. 2). Es kann festgestellt werden, dass die Seelotsen während ihrer

Pause-Woche keinen Unterschied zu der Kontrollgruppe hinsichtlich des Auftretens von Schlafstörungen aufweisen. Allerdings weisen die Seelotsen in der Arbeitswoche eine signifikant schlechtere Schlafqualität als die Teilnehmer der Kontrollgruppe auf. Die Ergebnisse der kognitiven Tests zeigen keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen und auch die Korrelationstests ergeben keinen statistisch signifikanten Zusammenhang (Thomas et al. 2020, S. 4f.).

Von einem anderen Ergebnis berichten Titova et al. (2016), die den Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und der Leistung bei einem kognitiven Funktionstest untersuchen. Der Analyse liegen die Daten der Swedish EpiHealth Cohort Study, die 2011 startete und TeilnehmerInnen im Alter von 45 bis 75 Jahren umfasst, zugrunde. Insgesamt werden die Daten von 7 143 TeilnehmerInnen, die den Trail Making Test (TMT) durchgeführt haben, eingeschlossen. Für die Ergebnisdarstellung wurden vier Subgruppen gebildet: keine Schichtarbeit (im Folgenden als „Non-SW“ bezeichnet), vor mindestens fünf Jahren Schichtarbeit („Past SW“), in den letzten fünf Jahren Schichtarbeit („Recent former SW“) und aktuell Schichtarbeit („Current SW“), wobei die TeilnehmerInnen, die nie in Schichtarbeit tätig waren, die Referenzgruppe bilden. Für den TMT-A benötigen „Non-SW“ im Durchschnitt 33,93 Sek. ($\pm 0,14$), „Past SW“ 33,84 Sek. ($\pm 0,23$), „Recent former SW“ 35,42 Sek. ($\pm 0,50$) und „Current SW“ 35,84 Sek. ($\pm 0,38$). Alle Mittelwerte (MW) sind für Alter und Geschlecht adjustiert. Für die TeilnehmerInnen, die in den letzten 5 Jahren in Schichtarbeit tätig waren bzw. aktuell in Schichten arbeiten, kann ein signifikanter ($p < 0,05$) Effekt, angegeben als Beta-Koeffizient (β), von $\beta = 0,04$ mit einem Konfidenzintervall (KI) von 0,01-0,07 bzw. $\beta = 0,06$ (KI = 0,03-0,08) festgestellt werden. Beim TMT-B benötigen „Non-SW“ im Durchschnitt 48,85 Sek. ($\pm 0,24$), „Past SW“ 48,22 Sek. ($\pm 0,40$), „Recent former SW“ 54,09 ($\pm 0,94$) und „Current SW“ 54,60 ($\pm 0,71$). Auch hier kann für die TeilnehmerInnen, die in den letzten fünf Jahren im Schichtsystem tätig waren bzw. aktuell in Schichten arbeiten, ein signifikanter Effekt von $\beta = 0,10$ (KI = 0,07-0,14) bzw. $\beta = 0,11$ (KI = 0,08-0,14) ermittelt werden (Titova et al. 2016, S. 28).

Die Untersuchung von Özdemir et al. (2013) kann die Ergebnisse von Titova et al. (2016) in der Hinsicht bestätigen, dass ein Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen festgestellt werden kann. Während Titova et al. (2016) mittels des TMT u.a. Visumotorik, exekutive Funktionen sowie die kognitive Flexibilität messen, analysieren Özdemir et al. (2013) vordergründig Funktionen des Gedächtnisses, Lernen und Aufmerksamkeit, die mit drei kognitiven Funktionstests (Wechsler Memory Scale-Revised, Auditory Verbal Learning Test, Stroop Color-Word Interference Test) erhoben werden (Özdemir et al. 2013, S. 1220f.). Die 90 teilnehmenden Beschäftigten eines türkischen Krankenhauses, 45 TagarbeiterInnen und 45 SchichtarbeiterInnen, weisen ein Durchschnittsalter von 27,59 Jahren ($\pm 4,41$) auf. Die gesamte Stichprobe umfasst 44 Männer und 46 Frauen. Die

Ergebnisse der Wechsler Memory Scale-Revised zeigen bei drei der neun Subskalen statistisch signifikante Unterschiede zwischen TagarbeiterInnen und SchichtarbeiterInnen. Während die TagarbeiterInnen bei der Subskala Verbales Gedächtnis einen MW von $90,24 (\pm 14,71)$ erreichen, liegt der Mittelwert der SchichtarbeiterInnen bei $84,31 (\pm 13,24)$, wobei der p-Wert bei $p = 0,05$ liegt. Auch die Subskalen Aufmerksamkeit/Konzentration (TagarbeiterInnen: MW = $15,36 \pm 2,02$; SchichtarbeiterInnen: MW = $14,13 \pm 2,28$; p = 0,009) und Ziffernspanne vorwärts (TagarbeiterInnen: MW = $6,27 \pm 1,18$; SchichtarbeiterInnen MW = $5,71 \pm 1,10$; p = 0,02) weisen einen statistisch signifikanten Unterschied der beiden Gruppen auf. Der Auditory Verbal Learning Test ergibt einen statistisch signifikanten Unterschied (p = 0,009) der Subskala Kurzzeitgedächtnis, bei dem die TagarbeiterInnen einen MW von $6,98 (\pm 1,88)$ und die SchichtarbeiterInnen einen MW von $6,00 \pm 1,61$ erreichen. Auch die Subskalen Gesamtpunktzahl Lernen (TagarbeiterInnen: MW = $133,29 \pm 9,50$; SchichtarbeiterInnen MW = $127,71 \pm 10,64$; p = 0,01), Konsistenz der Erinnerung (TagarbeiterInnen: MW = $1,00 \pm 0,00$; SchichtarbeiterInnen: MW = $0,82 \pm 0,39$; p = 0,003) und Wiederholungen (TagarbeiterInnen: MW = $4,09 \pm 1,49$; SchichtarbeiterInnen: MW = $5,38 \pm 1,97$; p = 0,001) zeigen statistisch signifikante Unterschiede der beiden Gruppen. Bei dem Stroop Test gibt es keine statistisch signifikanten Unterschiede (Özdemir et al. 2013, S. 1221f.).

Die Querschnittstudie von Moosavi et al. (2025) analysiert die Daten von 36 KrankenpflegerInnen, die auf der Intensivstation eines Krankenhauses in Qazvin (Iran) im Drei-Schicht-System arbeiten. Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Studien, die die kognitiven Funktionen von Personen, die nicht im Schichtsystem arbeiten, als Referenz betrachten, vergleichen Moosavi et al. (2025) die kognitiven Funktionen von SchichtarbeiterInnen verschiedener Schichten. Die Studie untersucht den Zusammenhang von schichtarbeitsbedingten Störungen der zirkadianen Rhythmen und den kognitiven Funktionen. Die Daten bezüglich der zirkadianen Rhythmen werden mit der persischen Version des Circadian Type Inventory, einem Fragebogen, der sowohl die Stabilität als auch die Amplitude der zirkadianen Rhythmen bewertet, erhoben. Die kognitiven Funktionen werden zum einen mit dem Stroop Color-Word Interference Test (Aufmerksamkeit) und zum anderen mit dem Wechsler digit span subtest (Kurzzeitgedächtnis) ermittelt. Die Tests werden von den KrankenpflegerInnen jeweils vor Beginn und nach Beendigung ihrer jeweiligen Schicht (morgens, abends, nachts) durchgeführt (Moosavi et al. 2025, S. 3f.). Die TeilnehmerInnen sind im Durchschnitt $37,4 (\pm 6,31)$ Jahre alt. Bezuglich der Stabilität des zirkadianen Rhythmus weisen sie einen Mittelwert von $13,58 (\pm 3,94)$ auf, wobei ein Wert über 18,75 für einen flexiblen zirkadianischen Rhythmus spricht, welcher dazu führt, dass man zu ungewöhnlichen Zeiten am Tag bzw. der Nacht wach bleiben kann. Der Mittelwert zur Amplitude des zirkadianen Rhythmus liegt bei $17,66 (\pm 3,72)$. Ein Wert über 22,5 spricht für eine schwache Amplitude, die

mit einer schwer überwindbaren Schläfrigkeit und Trägheit einhergeht (Moosavi et al. 2025, S. 4f.). Hinsichtlich der Ergebnisse des Stroop Tests gibt es einen signifikanten Unterschied der Werte vom Beginn der Frühschicht und dem Ende der Nachschicht (mittlere Differenz = 4,94; $p < 0,05$). Die Ergebnisse des Wechsler Tests zeigen einen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) der Werte vom Beginn der Frühschicht und dem Beginn der Nachschicht (mittlere Differenz = 2,69), Beginn der Frühschicht und Ende der Nachschicht (mittlere Differenz = 2,55), Ende der Frühschicht und Beginn der Nachschicht (2,86), Beginn der Spätschicht und Beginn der Nachschicht (mittlere Differenz = 2,50) und dem Beginn der Spätschicht und dem Ende der Nachschicht (mittlere Differenz = 0,88) (Moosavi et al. 2025, S. 5f.). Die Standardabweichungen der mittleren Differenzen werden nicht mit angegeben.

Tian et al. (2022) verfolgen einen anderen Ansatz und untersuchen die Auswirkungen von Schichtarbeit auf die kognitiven Funktionen aus der neurowissenschaftlichen Perspektive. Ähnlich wie Moosavi et al. (2025) untersucht diese Studie die Unterschiede der verschiedenen Schichten, allerdings mit neurologischen Werten. Die 54 chinesischen in Schichten arbeitenden KohlebergwerkarbeiterInnen, deren Geschlechterverteilung nicht beschrieben wird, sind im Durchschnitt 36,06 Jahre ($\pm 7,42$) alt. 17 ArbeiterInnen arbeiten in der Frühschicht (8-16 Uhr), 18 in der Spätschicht (16-24 Uhr) und 19 in der Nachschicht (24-8 Uhr). Zur Messung der kognitiven Funktionen wird eine Nahinfrarotspektroskopie, ein bildgebendes Verfahren, des präfrontalen Kortex im Ruhezustand (rs-NIRS) vor Beginn und nach Beendigung der jeweiligen Schicht durchgeführt, um die funktionelle Verbindung zwischen den Gehirnkanälen zu messen. Der präfrontale Kortex gilt in der Neurowissenschaft als der wichtigste Bereich im Gehirn für die kognitiven Funktionen. Die Stärke der funktionellen Verbindung zwischen den Gehirnkanälen wird als durchschnittlicher Korrelationskoeffizient nach Pearson (\bar{r}) angegeben (Tian et al. 2022, S. 2f.). Die Frühschicht und die Spätschicht weisen im Durchschnitt bei der Messung nach der Schicht eine statistisch signifikante ($p < 0,001$) schlechtere funktionelle Verbindung auf als vor der Schicht. Der durchschnittliche Korrelationskoeffizient der Frühschicht liegt vor Beginn der Schicht bei $\bar{r}_{B1} = 0,61$ und danach bei $\bar{r}_{A1} = 0,53$ und bei der Spätschicht vor Beginn der Schicht bei $\bar{r}_{B2} = 0,61$ und nach der Schicht bei $\bar{r}_{A2} = 0,52$. Die Nachschicht hingegen weist nach der Schicht eine statistisch signifikante ($p < 0,001$) bessere funktionelle Verbindung ($\bar{r}_{A3} = 0,54$) als vor Schichtbeginn ($\bar{r}_{B3} = 0,49$) auf (Tian et al. 2022, S. 8). Diese Verbesserung nach der Nachschicht könnte auf die im Vergleich zur Früh- und Spätschicht unterschiedlichen Tätigkeiten zurückgeführt werden. Während in der Früh- und Spätschicht vor allem Produktionstätigkeiten nachgegangen wird, werden in der Spätschicht Wartungs- und Reparaturarbeiten verrichtet und es gibt nur wenig Lärm- und Staubexposition (Tian et al. 2022, S. 17).

Anders als die bisher dargestellten vergleichenden Analysen zielt die Laborstudie von Cheng et al. (2017) darauf ab, kognitive Beeinträchtigungen, die mit dem zirkadianen Rhythmus und Schlafstörungen zusammenhängen, näher zu beschreiben. Die Stichprobe umfasst 30 Beschäftigte, 22 Frauen und acht Männer, die in festen Nachschichten (Arbeitsbeginn zwischen 18:00 und 24:00 Uhr) arbeiten und ein Durchschnittsalter von $38,8 \pm 10,27$ Jahren aufweisen. Die TeilnehmerInnen füllen nach Beendigung der Nachschicht Fragebögen zur Schlaflosigkeit und zu Schlafstörungen (Insomnie) sowie zur selbstberichteten nächtlichen Schläfrigkeit aus. Daraufhin schlafen sie in einem Labor, bis das Licht nach acht Stunden angeht. Die darauffolgenden 24 Stunden verbringen die TeilnehmerInnen weiter im Labor, während stündlich Speichelproben auf Melatonin untersucht werden, um die zirkadianen Phasen zu bestimmen. In der Nacht wird zusätzlich mittels des Multiplen Schlaflatenztests, einem diagnostischen Verfahren, bei dem die TeilnehmerInnen mit Elektroden an Messgeräte angeschlossen sind, die objektive nächtliche Schläfrigkeit bewertet. Für die Erhebung der kognitiven Flexibilität wird ein computergestütztes Task-Switching-Paradigma, bei dem den TeilnehmerInnen verschiedene Gesichter präsentiert werden und verschiedene Eigenschaften abwechselnd benannt werden sollen (z.B. zunächst die Geschlechter und anschließend die ethnische Zugehörigkeit), durchgeführt (Cheng et al. 2017, S. 145f.). Eine stärkere Disruption des zirkadianen Rhythmus steht im statistisch signifikanten Zusammenhang mit der kognitiven Fähigkeit von einer Aufgabe zu einer anderen zu wechseln ($\beta = -0,66$, $p < 0,01$), wobei eine stärkere zirkadiane Disruption mit einer geringeren Effizienz des Aufgabenwechsels einhergeht. Außerdem ist nächtliche Schläfrigkeit statistisch signifikant mit der kognitiven Flexibilität assoziiert, wobei eine erhöhte Wachsamkeit mit einem ineffizienteren Aufgabenwechsel einhergeht ($\beta = -0,52$, $p < 0,05$) (Cheng et al. 2017, S. 148f.).

Eine Untersuchung von Daten aus der UK Biobank, einer bevölkerungsbasierten prospektiven Studie, kann statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen den Langzeitfolgen von Schlafgesundheit und Schichtarbeit und kognitiven Funktionen feststellen (Ell et al. 2023, S. 5). Im Rahmen dessen wird mittels fünf computergestützter kognitiver Tests das logische Denken ($n = 9394$), die Reaktionszeit ($n = 30072$), das visuelle Gedächtnis ($n = 30236$), das numerische Gedächtnis ($n = 2019$) und das prospektive Gedächtnis ($n = 9476$) in drei Erhebungswellen gemessen und analysiert. Alle fünf Stichproben umfassen jeweils in etwa gleich viele Frauen wie Männer und weisen einen Altersdurchschnitt von ungefähr 52 Jahren (\pm ca. 6,7) auf. Die Schlafgesundheit wird anhand von drei selbstberichteten Variablen operationalisiert: Schlafdauer, Tagesschläfrigkeit, Insomnie-Symptome (Ell et al. 2023, S. 3ff.). Zusätzlich wird der selbstberichtete Chronotyp erhoben. Bezüglich eines möglichen Einflusses der Schlafgesundheit auf die kognitiven Funktionen können statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen einer kurzen Schlafdauer und einem schlechteren prospektiven

Gedächtnis ($\beta = -0,12 \pm 0,08$, $p = 0,003$) und zwischen der Abwesenheit von Insomnie-Symptomen und einem schlechteren visuellen Gedächtnis ($\beta = 0,02 \pm 0,009$, $p = 0,04$) festgestellt werden. Außerdem ist ein früher Chronotyp statistisch signifikant mit einer schlechteren Reaktionszeit ($\beta = -0,004 \pm 0,002$, $p = 0,03$), einem schlechteren numerischen Gedächtnis ($\beta = -0,12 \pm 0,05$, $p = 0,03$) sowie einem schlechteren prospektiven Gedächtnis ($\beta = -0,17 \pm 0,08$, $p = 0,03$) assoziiert. Langzeitfolgen von Schichtarbeit ohne Nachschichten äußern sich statistisch signifikant in schlechterem logischen Denken ($\beta = -0,2 \pm 0,07$, $p = 0,002$), einem schlechteren visuellen Gedächtnis ($\beta = -0,03 \pm 0,01$, $p = 0,04$) sowie in einem schlechteren prospektiven Gedächtnis ($\beta = -0,39 \pm 0,12$, $p = 0,002$). Auch Schichtarbeit mit Nachschichten weist einen statistisch signifikanten negativen Effekt auf das logische Denken ($\beta = -0,19 \pm 0,07$, $p = 0,01$) und die Reaktionszeit ($\beta = -0,01 \pm 0,004$, $p = 0,04$) auf. Außerdem sind permanente Nachschichten statistisch signifikant mit einem schlechteren logischen Denken ($\beta = -0,24 \pm 0,12$, $p = 0,05$) und visuellem Gedächtnis ($\beta = -0,07 \pm 0,03$, $p = 0,01$) assoziiert (Ell et al. 2023, S. 5).

Während die Fall-Kontroll-Studie von Thomas et al. (2020) keine unterschiedlichen Ergebnisse des kognitiven Funktionstests von Schichtarbeitern und der Kontrollgruppe feststellen können, präsentieren Titova et al. (2016) statistisch signifikante Unterschiede bei Personen, die aktuell im Schichtsystem arbeiten oder in den letzten fünf Jahren im Schichtsystem gearbeitet haben. Auch Özdemir et al. (2013) und Cheng et al. (2017) können diesen signifikanten Zusammenhang bestätigen. Darüber hinaus können Moosavi et al. (2025) Unterschiede der kognitiven Funktionen zwischen verschiedenen Schichten feststellen. Tian et al. (2022) können außerdem feststellen, dass sich die kognitiven Funktionen nach Beendigung der Früh- und Spätschicht im Vergleich zum Schichtbeginn im Durchschnitt verschlechtern. Bei der Nachschicht hingegen verbessern sich die kognitiven Funktionen im Durchschnitt nach Schichtende. Im Gegensatz zu den restlichen Studien untersuchen Ell et al. (2023) mögliche Langzeiteffekte von Schichtarbeit auf die kognitiven Funktionen und können eine statistisch signifikante Verschlechterung im Zeitverlauf feststellen.

3 Fragestellungen und Hypothesen

Im Rahmen der durchgeführten Literaturrecherche können größtenteils Querschnittstudien ausfindig gemacht werden, deren Analysen statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen verschiedensten kognitiven Funktionen (z.B. Merkfähigkeit, Aufmerksamkeit, kognitive Flexibilität, exekutive Funktionen) und dem Arbeiten im Schichtsystem bzw. der damit einhergehenden Disruption des zirkadianen Rhythmus ergeben. Außerdem weisen prospektive Studien auf mögliche Langzeiteffekte von Schichtarbeit auf die kognitiven

Funktionen hin. Im Gegensatz dazu gibt es aber auch Studien, deren Untersuchungen keinen statistisch signifikanten Zusammenhang feststellen können (siehe 2.3). Die vorliegende Arbeit untersucht aufgrund dieser nicht eindeutigen Ergebnisse den Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen anhand der folgenden Forschungsfrage.

F: Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Arbeiten im Schichtsystem und den kognitiven Funktionen?

Aufgrund dessen, dass Studien einerseits Ergebnisse präsentieren, die schlechtere kognitive Funktionen im Zusammenhang mit Schichtarbeit zeigen, andererseits aber auch verbesserte kognitive Funktionen festgestellt werden können, wird die Hypothese ungerichtet formuliert.

H: Es gibt einen durchschnittlichen Unterschied in den kognitiven Funktionen zwischen TagarbeiterInnen und SchichtarbeiterInnen.

Im Rahmen der statistischen Analyse wird das Alter als möglicher Confounder berücksichtigt, da der Alterungsprozess typischerweise mit einem Rückgang der kognitiven Funktionen einhergeht (Kiely 2014, S. 975) und das Alter ein einflussnehmender Faktor bei der Häufigkeit von Schichtarbeit sein könnte. Darüber hinaus wird auch der Faktor Geschlecht geprüft, da sich zum einen bei der Häufigkeit von Schichtarbeit Unterschiede zwischen Männern und Frauen feststellen lassen (Eurostat 2024). Zum anderen zeigen Studien auf, dass verschiedene kognitive Funktionen geschlechtsspezifische Unterschiede aufweisen können (Ahrenfeldt et al. 2019, S. 668ff.). Und auch das Bildungsniveau könnte einen verfälschenden Einfluss auf den möglichen Zusammenhang haben, da der Anteil an Personen, die Schichtarbeit leisten, mit steigendem Bildungsniveau abnimmt (AWMF 2020, S. 16f). Außerdem scheint schichtarbeitsbedingter Schlafentzug negative Auswirkungen auf unter anderem exekutive Funktionen und die Aufmerksamkeit zu haben, weshalb die Schlafdauer ebenfalls als möglicher Confounder berücksichtigt wird (Özdemir 2013, S. 1220). Ebenfalls wird die körperliche Aktivität als potentielle Störvariable aufgegriffen, da Studien erkennen lassen, dass körperliche Aktivität im Zusammenhang mit kognitiven Funktionen stehen kann (Sewell et al. 2021, S. 372f.).

4 Methodik

Im Folgenden wird beschrieben, welche Daten der vorliegenden Studie zugrunde liegen und wie sich die Stichprobe zusammensetzt. Darüber hinaus erfolgt die Definition der abhängigen und der unabhängigen Variable sowie die Beschreibung der Covariablen. Anschließend wird das Vorgehen der statistischen Analyse näher erläutert.

4.1 Daten

Der vorliegenden Sekundäranalyse liegen Daten der Hamburg City Health Study (HCHS) zugrunde. Die HCHS ist eine lokale Gesundheitsstudie und wird von einem interdisziplinären Team aus ÄrztInnen und WissenschaftlerInnen des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE) an dessen Epidemiologischen Studienzentrum durchgeführt. An dem Kooperationsprojekt sind insgesamt über 30 Kliniken und Institute des UKE beteiligt. Es handelt sich um eine bevölkerungsbasierte Kohortenstudie, die das Ziel verfolgt Risiko- und Schutzfaktoren für die häufigsten chronischen Erkrankungen wie koronare Herzkrankheiten und degenerative Erkrankungen zu ermitteln (Jagodzinski 2020, S. 169 ff.). Dabei werden sowohl die Genetik und Vorerkrankungen als auch der Lebensstil- und Umweltfaktoren, die die Gesundheit der TeilnehmerInnen beeinflussen, untersucht. Die Ergebnisse der HCHS sollen einer verbesserten, rechtzeitigeren und individualisierteren gesundheitlichen Versorgung der Bevölkerung dienen. Die Datenerhebung begann im Jahr 2016, woraufhin 2020 erste Teilergebnisse vorlagen (Epidemiologisches Studienzentrum o.J.). Weitere Informationen zur HCHS können Jagodzinski et al. (2020) entnommen werden. Die Sekundäranalyse wird mit den Querschnittsdaten der zweiten Sub-Kohorte durchgeführt. Die Rekrutierung erfolgt mit zufällig ausgewählten Personen im Alter von 45-74 Jahren, deren Kontaktdaten über das Hamburger Meldeamt bezogen werden. Die TeilnehmerInnen werden im Rahmen der Studie diverser klinischer Untersuchungen verschiedener Organsysteme sowie neurokognitiven Tests im Studienzentrum des UKE unterzogen. Darüber hinaus füllen sie vor, während und nach der Untersuchung validierte Fragebögen, die unter anderem Faktoren zum Lebensstil, Lebensbedingungen, Bildung und Beruf abfragen, aus (Jagodzinski 2020, S. 170ff.). Die zweite Sub-Kohorte der HCHS umfasst insgesamt 16 411 TeilnehmerInnen.

4.2 Stichprobe

Für die Analyse werden diejenigen eingeschlossen, die zum Zeitpunkt der Befragung in Vollzeit, Teilzeit oder Altersteilzeit (reduzierte Arbeitszeit, um schrittweise in den Ruhestand zu gehen) erwerbstätig sind oder einen Bundesfreiwilligendienst bzw. ein freiwilliges soziales/ökologisches Jahr absolvieren ($n = 8\ 829$). Der Bundesfreiwilligendienst bzw. das freiwillige soziale/ökologische Jahr gelten als Einschlusskriterien, da anzunehmen ist, dass diese in Voll- bzw. Teilzeit absolviert werden. Weitere Einschlusskriterien sind die Beantwortung der Frage zur Tätigkeit im Schichtsystem ($n = 6\ 636$) sowie die Durchführung beider Teile des Trail Making Tests ($n = 6\ 312$). Daraus ergibt sich für die Analyse des Zusammenhangs von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen eine Stichprobe von $n = 6\ 312$ TeilnehmerInnen, auf die in den nachfolgenden Ergebnissen Bezug genommen wird.

4.3 Unabhängige & abhängige Variable

Das Arbeitszeitmodell stellt die unabhängige Variable dar. Es wird eine Zuordnung der TeilnehmerInnen zur Gruppe „SchichtarbeiterInnen“ bzw. „TagarbeiterInnen“ vorgenommen. Die Zuordnung zur Gruppe „SchichtarbeiterInnen“ erfolgt, wenn die Erwerbstätigkeit der Teilnehmerin bzw. des Teilnehmers (auch) zwischen 18 Uhr abends und 7 Uhr morgens stattfindet. Die TeilnehmerInnen, auf deren Erwerbstätigkeit diese Arbeitszeiten nicht zutreffen, werden der Gruppe „TagarbeiterInnen“ zugeordnet. Im Folgenden werden für die Benennung der Gruppen diese beiden Bezeichnungen verwendet.

Die abhängige Variable beschreibt die kognitiven Funktionen, welche anhand der Ergebnisse des Trail Making Tests operationalisiert werden. Die Ergebnisse des TMT-A und die Ergebnisse des TMT-B werden dabei getrennt voneinander analysiert und beziehen sich auf die Zeit (angegeben in Sekunden), in der der jeweilige Test gelöst wird. Die Durchführung des TMT erfolgt unter Berücksichtigung der standardisierten Vorgehensweise (SOP) im Studienzentrum des UKE (für spezifische Informationen siehe 2.2.3). Die Tageszeiten, zu der die TeilnehmerInnen den Test durchführen, variieren aus Kapazitätsgründen.

4.4 Covariablen

Das Alter (diskrete Variable), das Geschlecht (dichotom), Bildung (gemäß der Internationalen Standardklassifikation des Bildungswesens, ISCED, kategorisiert als niedrig, mittel und hoch), die durchschnittliche Schlafdauer an einem Arbeitstag sowie die durchschnittliche körperliche Aktivität werden als mögliche Confounder analysiert. Die Zuordnung zu „männlich“ und „weiblich“ erfolgt auf Grundlage der beim Einwohnermeldeamt registrierten Information zum Geschlecht. Da bei dieser Analyse schichtarbeitsbedingte kognitive Unterschiede untersucht werden, die im Zusammenhang mit den zirkadianen Rhythmen (biologischen Prozessen) stehen können, erfolgt eine binäre Unterteilung anhand des biologischen Geschlechts. Die durchschnittliche Schlafdauer der RegalarbeiterInnen ergibt sich aus der Zeit zwischen der Einschlaf- und der Aufwach-Uhrzeit eines Arbeitstages und wird in Stunden und Minuten angegeben. Die Schlafdauer der SchichtarbeiterInnen ergibt sich aus dem Durchschnitt der Zeiten zwischen der Einschlaf- und Aufwach-Uhrzeiten zwischen zwei Frühschichten, zwischen zwei Spätschichten und zwischen zwei Nachschichten. Die durchschnittliche wöchentliche körperliche Aktivität basiert auf den selbstberichteten Angaben der TeilnehmerInnen und wird in Stunden und Minuten angegeben. Alle Daten der Covariablen, abgesehen vom Geschlecht, stammen aus den Antworten der validierten Fragebögen.

4.5 Statistische Analyse

Die deskriptiven Berechnungen werden für nominale und ordinale Daten als absolute Werte und prozentuale Anteile sowie für ordinale Daten als Mediane (Interquartilsabstand)

dargestellt. Für metrische Daten werden (zusätzlich) die arithmetischen Mittelwerte (Standardabweichung) angegeben. Hinsichtlich der bivariaten Analysen werden zunächst die Voraussetzungen für einen Korrelationstest nach Pearson bzw. Spearman geprüft. Ein Korrelationstest nach Pearson wird durchgeführt, wenn die zu untersuchenden Daten ein metrisches Datenniveau und eine Normalverteilung aufweisen und wenn eine Linearität des Zusammenhangs vorliegt. Korrelationstests nach Spearman können sowohl bei ordinalen als auch bei nicht-normalverteilten metrischen Daten durchgeführt werden. Auch hier sollte eine Linearität des Zusammenhangs vorliegen. Als Effektstärkemaß wird der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) bzw. die Rangkorrelation nach Spearman (p) angegeben. Darüber hinaus erfolgt eine schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse, deren Voraussetzungen ebenfalls vorab geprüft werden. Demnach sollte die abhängige Variable ein metrisches und die unabhängige Variable ein metrisches oder kategoriales Datenniveau aufweisen und die Varianzen dürfen nicht gleich Null sein. Außerdem sollte der Zusammenhang zwischen der abhängigen und der unabhängigen Variable eine Linearität aufweisen und es sollte keine Multikollinearität vorliegen. Im Rahmen der Regressionsanalyse wird zunächst der unadjustierte Zusammenhang von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen berechnet und dieser Effekt anschließend schrittweise für jeweils einen weitere Covariable adjustiert. Das gewählte Effektstärkemaß ist hier der unadjustierte Beta-Koeffizient (β). Zusätzlich wird für jedes Modell der Standardfehler der Residuen (RSE) sowie das Adjustierte R-Quadrat (r^2) angegeben, die als Maßzahlen zur Beurteilung der Modellgüte dienen. Der RSE beschreibt die durchschnittliche Abweichung der beobachteten Werte von den durch das Modell vorhergesagten Werten. Das Adjustierte r^2 gibt den Anteil der Varianz der abhängigen Variable, der durch das Modell erklärt wird, an, wobei die Anzahl der Prädiktoren berücksichtigt wird. Sowohl bei den bivariaten Analysen als auch bei der Regressionsanalyse wurde die statistische Signifikanz mit dem p -Wert beschrieben. Ein p -Wert $< 0,05$ wird als statistisch signifikant bewertet. Alle statistischen Analysen wurden mit dem Statistikprogramm R Version 4.4.1 durchgeführt.

5 Ergebnisse

Das folgende Kapitel widmet sich der Darstellung der Ergebnisse. Im Rahmen dessen erfolgt zunächst eine deskriptive Darstellung der Charakteristika, die die Stichprobe aufweist. Anschließend werden die Ergebnisse der bivariaten Analysen präsentiert, woraufhin die Beschreibung der Ergebnisse der schrittweisen multiplen linearen Regressionsanalyse folgt.

5.1 Deskriptive Darstellung

5.1.1 Stichprobenbeschreibung

5 777 der insgesamt 6 312 TeilnehmerInnen (91,52 %) geben an, Tagarbeit zu verrichten, während 535 (8,48 %) TeilnehmerInnen im Schichtsystem arbeiten. Bei einem Vergleich dieser beiden Gruppen weist die Stichprobe sowohl Unterschiede als auch Gemeinsamkeiten in der demographischen Charakteristik und dem Gesundheitsverhalten auf (siehe Tabelle 1). Das durchschnittliche Alter der TagarbeiterInnen liegt bei 55,64 ($\pm 6,1$) Jahren und das der SchichtarbeiterInnen bei 54,68 ($\pm 5,0$) Jahren. In beiden Gruppen ist der Anteil der männlichen Teilnehmer größer als der Frauenanteil. 53,71 % der TagarbeiterInnen sind männlich und 46,29 % sind weiblich. Bei den SchichtarbeiterInnen liegt der Anteil der Männer bei 58,32 % und der Frauenanteil bei 41,68 %. Gruppenunterschiede lassen sich hinsichtlich des Bildungsniveaus feststellen. Mehr als die Hälfte der TagarbeiterInnen (56,27 %) weist gemäß der ISCED ein hohes Bildungsniveau auf, etwas mehr als ein Drittel (38,06 %) hat ein mittleres und 1,9 % ein niedriges Bildungsniveau. Im Gegensatz dazu lässt sich bei mehr als der Hälfte der SchichtarbeiterInnen (55,51 %) ein mittleres Bildungsniveau feststellen, 30,65 % weisen ein hohes Bildungsniveau und 4,11 % ein niedriges Bildungsniveau auf. Während die TagarbeiterInnen in einer Arbeitswoche durchschnittlich 7,52 ($\pm 1,2$) Stunden pro Nacht schlafen, liegt der Durchschnitt der SchichtarbeiterInnen bei 6,93 ($\pm 1,74$) Stunden pro Nacht. Die TagarbeiterInnen sind im Durchschnitt 2,67 ($\pm 3,78$) Stunden pro Woche körperlich aktiv. Die SchichtarbeiterInnen geben im Durchschnitt an, 2,48 ($\pm 7,23$) Stunden pro Woche Sport zu treiben.

Tabelle 1: Deskriptive Charakteristika der Stichprobe stratifiziert nach Arbeitszeitmodell

	TagarbeiterInnen <i>n</i> = 5 777	SchichtarbeiterInnen <i>n</i> = 535	Gesamt <i>n</i> = 6 312
Alter			
- Mittelwert (SD)	55,64 (\pm 6,10)	54,68 (\pm 5,00)	55,56 (\pm 6,02)
- fehlende Angaben	-	-	-
Geschlecht			
- Frauen	2 674 (46,29 %)	223 (41,68 %)	2 897 (45,90 %)
- Männer	3 103 (53,71 %)	312 (58,32 %)	3 415 (54,10 %)
- fehlende Angaben	-	-	-
ISCED-Bildung			
- hoch	3 251 (56,27 %)	164 (30,65 %)	3 415 (54,10 %)
- mittel	2 199 (38,06 %)	297 (55,51 %)	2 496 (39,54 %)
- niedrig	84 (1,45 %)	22 (4,11 %)	106 (1,68 %)
- fehlende Angaben	243 (4,21 %)	52 (9,72 %)	295 (4,67 %)
Schlafdauer			
- Mittelwert (SD)	7,52 (\pm 1,20)	6,93 (\pm 1,74)	7,47 (\pm 1,26)
- fehlende Angaben	2 096 (36,28 %)	198 (37,01 %)	2 294 (36,34 %)
Körperliche Aktivität			
- Mittelwert (SD)	2,67 (\pm 3,78)	2,48 (\pm 7,23)	2,66 (\pm 4,14)
- fehlende Angaben	3 800 (65,78 %)	371 (69,35 %)	4 171 (66,08 %)

Die Ergebnisse werden als absolute und relative Häufigkeit (*n*, %) oder als Mittelwert mit Standardabweichung (SD) angegeben, ISCED = Internationale Standardklassifikation des Bildungswesens, (eigene Darstellung)

5.1.2 Ergebnisse des TMT

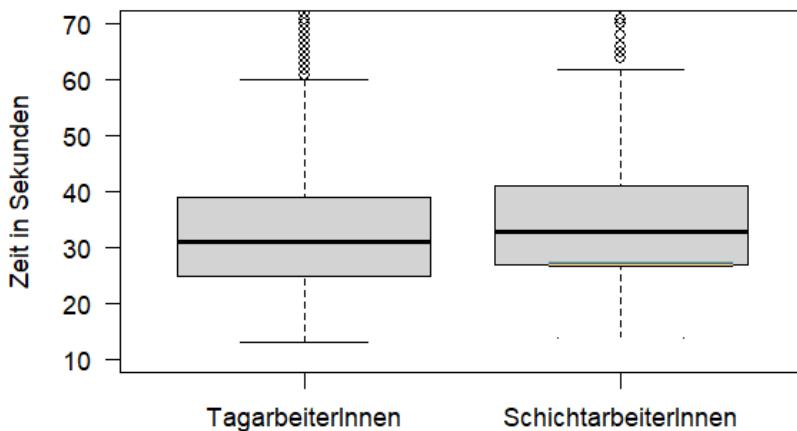


Abbildung 1: Darstellung der deskriptiven Ergebnisse des TMT-A von TagarbeiterInnen und SchichtarbeiterInnen als Box-Plot basierend auf den Medianen (eigene Darstellung)

TMT-A: Der Median der TeilnehmerInnen, die Tagarbeit verrichten, liegt bei 31 Sekunden mit einem Interquartilsabstand (IQR) von 14 Sekunden. Der Mittelwert beträgt 33,48 (\pm 11,43) Sekunden. Im Gegensatz dazu weisen die SchichtarbeiterInnen einen Median von 33 (IQR = 14) Sekunden auf. Der Mittelwert liegt bei 35,42 (\pm 12,11) Sekunden (siehe Abbildung 1). Die durchschnittlichen Ergebnisse des TMT-A weisen in beiden Gruppen auf eine normale Funktion der Kognitionen hin.

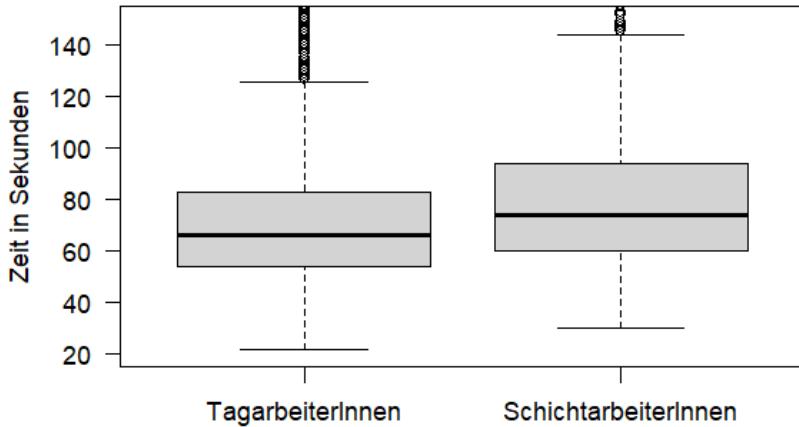


Abbildung 2: Darstellung der deskriptiven Ergebnisse des TMT-B von TagarbeiterInnen und SchichtarbeiterInnen als Box-Plot basierend auf den Medianen (eigene Darstellung)

TMT-B: Der Median der TagarbeiterInnen liegt bei 66 (IQR = 29) Sekunden und der Mittelwert beträgt 72,71 (\pm 29,79) Sekunden. Im Gegensatz dazu beträgt der Median der SchichtarbeiterInnen 74 (IQR = 34) Sekunden und der Mittelwert liegt bei 81,58 (\pm 33,02) Sekunden (siehe Abbildung 2). Die durchschnittlichen Ergebnisse des TMT-B weisen in beiden Gruppen auf eine normale Funktion der Kognitionen hin.

5.2 Bivariate Zusammenhänge

Um einen ersten Eindruck des möglichen Zusammenhangs von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen erhalten zu können, wurden punktbiserielle Korrelationstests nach Pearson mit der unabhängigen und der abhängigen Variable - jeweils für den TMT-A und den TMT-B - durchgeführt. Die Korrelationstests ergeben einen statistisch signifikanten positiven Zusammenhang ($p < 0,001$) zwischen dem Arbeitszeitmodell und den kognitiven Funktionen mit einer Effektstärke von $r = 0,05$ bei dem TMT-A bzw. $r = 0,08$ bei dem TMT-B. Demnach scheinen SchichtarbeiterInnen statistisch signifikant durchschnittlich mehr Zeit für die Lösung des TMT zu benötigen als TagarbeiterInnen. Die geringen Korrelationskoeffizienten deuten auf einen eher schwachen Zusammenhang hin. Darüber hinaus wurden Korrelationstests zwischen möglichen Confoundern und den kognitiven Funktionen durchgeführt. Dabei konnte ein statistisch signifikanter positiver Zusammenhang ($p < 0,001$) zwischen dem Alter und den kognitiven Funktionen festgestellt werden. Die Effektstärke beträgt $\rho = 0,30$ (TMT-A) bzw. $\rho = 0,28$ (TMT-B). Auch die Untersuchung einer möglichen Korrelation zwischen Bildung und den kognitiven Funktionen zeigt ein statistisch signifikantes Ergebnis ($p < 0,001$) und eine Effektstärke von $\rho = -0,08$ (TMT-A) bzw. $\rho = -0,13$ (TMT-B). Die Untersuchungen möglicher Korrelationen zwischen dem Geschlecht, der Schlafdauer bzw. der körperlichen Aktivität und den kognitiven Funktionen ergeben keine statistisch signifikanten Ergebnisse (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Bivariate Zusammenhänge mit kognitiven Funktionen

	TMT-A		TMT-B	
	r / ρ	p-Wert	r / ρ	p-Wert
Arbeitszeitmodell	0,05 ¹	< 0,001	0,08 ¹	< 0,001
Alter	0,30 ²	< 0,001	0,28 ²	< 0,001
Geschlecht	-0,01 ¹	0,34	-0,02 ¹	0,12
Bildung	-0,08 ²	< 0,001	-0,13 ²	< 0,001
Schlafdauer	0,02 ¹	0,25	0,01 ¹	0,88
Körperliche Aktivität	-0,006 ¹	0,78	0,02 ¹	0,38

Die Ergebnisse werden als Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) oder Rangkorrelation nach Spearman (ρ) und Signifikanzwert (p-Wert) angegeben. Bei dem Arbeitszeitmodell bilden die TagarbeiterInnen die Referenzgruppe, bei dem Geschlecht bilden die Männer die Referenzgruppe und bei der Bildung bilden Personen mit niedrigem Bildungsniveau die Referenzgruppe. ¹ = Korrelationkoeffizient nach Pearson, ² = Rangkorrelation nach Spearman, TMT-A = Trail Making Test Teil A, TMT-B = Trail Making Test Teil B, (eigene Darstellung)

Da Interaktionen zwischen den unabhängigen Variablen den Zusammenhang mit den kognitiven Funktionen verzerren können, werden diese in bivariaten Testverfahren untersucht. Die bivariaten Untersuchungen der Interaktionen zwischen der unabhängigen Variable und den Covariablen weisen zum Teil statistisch signifikante Ergebnisse auf (siehe Tabelle 5). Es besteht ein statistisch signifikanter negativer Zusammenhang ($p < 0,001$) zwischen dem Arbeitszeitmodell und Bildung ($p = -0,14$) bzw. der Schlafdauer ($r = -0,13$). Außerdem ergeben die Korrelationstests zwischen dem Alter und dem Geschlecht ($r = -0,06$) bzw. der Schlafdauer ($r = 0,05$) statistisch signifikante Ergebnisse ($p < 0,001$). Die Untersuchungen der Interaktionen zwischen dem Geschlecht und Bildung ($p = -0,12$) bzw. der Schlafdauer ($r = 0,11$) sowie zwischen Bildung und der Schlafdauer ($p = 0,1$) bzw. der körperlichen Aktivität ($p = 0,14$) zeigen ebenfalls statistisch signifikante Effekte ($p < 0,001$). Des Weiteren kann ein statistisch signifikanter positiver Zusammenhang ($p < 0,001$) zwischen der Schlafdauer und der körperlichen Aktivität ($r = 0,08$) festgestellt werden. Die Untersuchungen aller anderen möglichen Interaktionen ergeben kein statistisch signifikantes Ergebnis.

5.3 Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse

Um den Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen zu untersuchen, wird eine schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Die Regressionsanalyse berücksichtigt in Modell 1 ausschließlich Schichtarbeit als Prädiktor für kognitive Funktionen. Hier zeigt sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$) mit einem Effekt von $\beta = 1,95$ bei dem TMT-A bzw. $\beta = 8,87$ bei dem TMT-B, wobei die TagarbeiterInnen die Referenzgruppe darstellen. SchichtarbeiterInnen brauchen also im Durchschnitt 1,95 Sekunden länger den TMT-A und 8,87 Sekunden länger den TMT-B zu lösen als TagarbeiterInnen. Der RSE für das erste Modell beträgt 11,49 (TMT-A) bzw. 20,08 (TMT-B) bei 6 310 Freiheitsgraden (df) und das Adjustierte r^2 liegt bei 0,002 (TMT-A) bzw.

0,01 (TMT-B). Damit erklärt das erste Modell 0,2 % der Varianz des TMT-A und 1 % der Varianz des TMT-B.

In weiteren Modellen wurden potenzielle Confounder schrittweise hinzugefügt, um zu prüfen, ob der Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen robust bleibt. Das Modell 2 berücksichtigt neben dem Arbeitszeitmodell das Alter und zeigt einen im Vergleich zum ersten Modell verstärkten statistisch signifikanten ($p < 0,001$) Effekt (TMT-A: $\beta = 2,5$; TMT-B: $\beta = 10,26$), der für das Alter adjustiert ist. Der RSE des Modells beträgt 10,97 (TMT-A) bzw. = 28,8 bei 6 308 df. Außerdem erklärt das Modell 9 % der Varianz des TMT-A und TMT-B ($r^2 = 0,09$). Modell 3 adjustiert zusätzlich für das Geschlecht, wobei sich der Zusammenhang von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen im Vergleich zu Modell 2 nicht verändert.

Das vierte Modell adjustiert zusätzlich für die Bildung, was dazu führt, dass der statistisch signifikante ($p < 0,001$) Effekt bei dem TMT-A bei $\beta = 1,95$ und beim TMT-B bei $\beta = 6,86$ liegt. Der RSE des vierten Modells beträgt 10,85 (TMT-A) bzw. 27,65 (TMT-B) bei 6 011 df, wobei das Modell 10 % der Varianz des TMT-A ($r^2 = 0,1$) und 11 % der Varianz des TMT-B ($r^2 = 0,11$) erklärt. Modell 5 adjustiert zusätzlich für die Schlafdauer, sodass $\beta = 1,27$ (TMT-A) bzw. $\beta = 5,85$ (TMT-B) beträgt. Während der Effekt bei dem TMT-A mit $p = 0,05$ grenzwertig statistisch signifikant ist, ist der Effekt bei dem TMT-B mit $p < 0,001$ statistisch signifikant. Bei Modell 5 entspricht der RSE 10,97 (TMT-A) bzw. 28,33 (TMT-B) bei 3 850 df und das Adjustierte r^2 bleibt im Vergleich zu Modell 4 unverändert.

In Modell 6 wird der Zusammenhang von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen zusätzlich für die körperliche Aktivität adjustiert, sodass ein Effekt von $\beta = 1,35$ (TMT-A) und $\beta = 5,44$ (TMT-B) festgestellt werden kann. Unabhängig vom Alter, Geschlecht, Bildung, durchschnittlicher Schlafdauer und durchschnittlicher körperlicher Aktivität benötigen SchichtarbeiterInnen im Vergleich zu TagarbeiterInnen durchschnittlich 1,35 Sekunden mehr für die Lösung des TMT-A bzw. 5,44 Sekunden mehr für die Lösung des TMT-B. Allerdings sind beide Ergebnisse nicht statistisch signifikant (TMT-A: $p = 0,22$; TMT-B: $p = 0,06$). Der RSE des sechsten Modells beträgt 10,68 (TMT-A) bzw. 27,91 (TMT-B) und das Adjustierte r^2 liegt bei 0,1 (TMT-A) bzw. 0,12 (TMT-B). Damit erklärt das sechste Modell 10 % der Varianz des TMT-A und 12 % der Varianz des TMT-B. Die vollständigen Ergebnisse der Regressionsanalysen lassen sich der Tabelle 3 für den TMT-A bzw. der Tabelle 4 für den TMT-B entnehmen.

Confounder täuschen einen Effekt vor, der in der Realität schwächer oder gar nicht vorhanden ist, was sich durch eine Adjustierung zeigen lässt. Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass das Alter wahrscheinlich kein Confounder ist, da die Adjustierung für das Alter dazu führt, dass sich der Zusammenhang von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen deutlich verstärkt. Im

Gegensatz dazu scheint jedoch die Bildung und die Schlafdauer ein Confounder zu sein, da der Effekt nach der Adjustierung geringer wird. Dies spricht also dafür, dass ein Teil des vorherigen Zusammenhangs eigentlich durch Bildung bzw. die Schlafdauer erklärt wird. Außerdem scheint die körperliche Aktivität ein potenzieller Confounder zu sein, da nach ihrer Adjustierung der Effekt von Schichtarbeit nicht mehr statistisch signifikant ist. Da die Adjustierung für das Geschlecht nichts an dem Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktion verändert, kann es als Confounder ausgeschlossen werden.

Tabelle 3: Multiple lineare Regressionsanalyse TMT-A

	Modell 1		Modell 2		Modell 3		Modell 4		Modell 5		Modell 6	
	β	p-Wert										
Arbeitszeitmodell												
- TagarbeiterInnen (Ref.)												
- SchichtarbeiterInnen	1,95	< 0,001	2,5	< 0,001	2,5	< 0,001	1,95	< 0,001	1,27	0,05	1,35	0,22
Alter			0,57	< 0,001	0,57	< 0,001	0,56	< 0,001	0,58	< 0,001	0,57	< 0,001
Geschlecht												
- Männer (Ref.)												
- Frauen												
	0,17	0,54	0,09	0,75	-0,11	0,75	0,01	0,98				
Bildung												
- hoch (Ref.)												
- mittel												
- niedrig												
Schlafdauer												
Körperliche Aktivität												
RSE	11,49 bei 6310 df		10,97 bei 6309 df		10,97 bei 6308 df		10,85 bei 6011 df		10,97 bei 3850 df		10,68 bei 1954 df	
adjustiertes r^2	0,002		0,09		0,09		0,1		0,1		0,1	
n	6312		6312		6312		6017		3857		1962	

Modell 1: berücksichtigt Arbeitszeitmodell, Modell 2: Modell 1 + Alter, Modell 3: Modell 2 + Geschlecht, Modell 4: Modell 3 + Bildung, Modell 5: Modell 4 + Schlafdauer, Modell 6: Modell 5 + Körperliche Aktivität.
Die Ergebnisse werden als Beta-Koeffizient (β) und p-Wert angegeben. Zur Beurteilung der Modellgute werden der Standardfehler der Residuen (RSE) sowie das adjustierte r^2 angegeben.
Ref. = Referenzgruppe, RSE = Standardfehler der Residuen, n = Fallzahl, (eigene Darstellung)

Tabelle 4: Multiple lineare Regressionsanalyse TMT-B

	Modell 1		Modell 2		Modell 3		Modell 4		Modell 5		Modell 6	
	β	p-Wert	β	p-Wert	β	p-Wert	β	p-Wert	β	p-Wert	β	p-Wert
Arbeitszeitmodell												
- TagarbeiterInnen (Ref.)												
- SchichtarbeiterInnen	8,87	< 0,001	10,26	< 0,001	10,26	< 0,001	6,86	< 0,001	5,85	< 0,001	5,44	0,06
Alter												
	1,44	< 0,001	1,44	< 0,001	1,41	< 0,001	1,5	< 0,001	1,56	< 0,001		
Geschlecht												
- Männer (Ref.)												
- Frauen												
Bildung												
- hoch (Ref.)												
- mittel												
- niedrig												
Schlafdauer												
Körperliche Aktivität												
RSE	20,08 bei 6310 df		28,8 bei 6309 df		28,8 bei 6308 df		27,65 bei 6011 df		28,33 bei 3850 df		27,91 bei 1954 df	
adjustiertes r^2	0,01	0,09	0,09	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12		
n	6312	6312	6312	6312	6017	3857			1962			

Arbeitszeitmodell, Modell 2: Modell 1 + Alter, Modell 3: Modell 2 + Geschlecht, Modell 4: Modell 3 + Bildung, Modell 5: Modell 4 + Schlafdauer,

Modell 6: Modell 5 + Körperliche Aktivität.

Die Ergebnisse werden als Beta-Koeffizient (β) und p-Wert angegeben. Zur Beurteilung der Modellgüte werden der Standardfehler der Residuen (RSE) sowie das adjustierte r^2 angegeben.

Ref. = Referenzgruppe, RSE = Standardfehler der Residuen, n = Fallzahl, (eigene Darstellung)

6 Diskussion

Das folgende Kapitel widmet sich der Einordnung der Ergebnisse in den Stand der empirischen Forschung und der Diskussion der Methodik. Hinsichtlich dessen erfolgt zunächst eine Zusammenfassung der Ergebnisse mit Bezugnahme zur Forschungsfrage und Hypothese. Um bezüglich der Aussagekraft der Ergebnisse Transparenz zu schaffen, werden darüber hinaus Limitationen und Stärken der vorliegenden Arbeit angeführt.

6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass SchichtarbeiterInnen im Durchschnitt schlechtere kognitive Funktionen aufweisen als TagarbeiterInnen. Die Hypothese kann damit angenommen werden, wobei zu erwähnen ist, dass dieser Zusammenhang im volladjustierten Modell nicht statistisch signifikant ist. Die bivariaten Analysen weisen zunächst auf einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Arbeitszeitmodell und den kognitiven Funktionen mit einer geringen Effektstärke hin. Zudem stellen die bivariaten Untersuchungen möglicher Interaktionen zwischen dem Arbeitszeitmodell und den Covariablen statistisch signifikante Ergebnisse bezüglich der Bildung und der Schlafdauer fest. Auch die Covariablen untereinander weisen zum Teil statistisch signifikante Interaktionen auf. Diese Interaktionen können einen Einfluss bzw. eine potenzielle Verzerrung des Zusammenhangs zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen bewirken. Die multivariate Untersuchung des Zusammenhangs von kognitiven Funktionen und Schichtarbeit kann zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen zu bestehen scheint. Demzufolge benötigen SchichtarbeiterInnen durchschnittlich mehr Zeit den TMT-A und den TMT-B zu lösen als TagarbeiterInnen, wobei dieser Unterschied statistisch signifikant ($p < 0,001$) ist. Unter Berücksichtigung des Alters, des Geschlechts, der Bildung und der Schlafdauer bleibt dieser Zusammenhang statistisch signifikant. In dem volladjustierten Modell, welches zusätzlich die körperliche Aktivität berücksichtigt, ist der Effekt nicht mehr statistisch signifikant. Die Bildung, die Schlafdauer und die körperliche Aktivität erweisen sich als Störvariablen, da eine Adjustierung für diese Variablen dazu führt, dass sich der Effekt zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktion verringert oder nicht mehr statistisch signifikant ist. Es scheint also so, dass ein Teil des zuvor angenommenen Effekts durch die Bildung, die Schlafdauer bzw. die körperliche Aktivität zu erklären ist. Das Geschlecht verzerrt den Zusammenhang zwischen kognitiven Funktionen und Schichtarbeit nicht und kann daher als Confounder ausgeschlossen werden. Das volladjustierte Modell erklärt 10 % bzw. 12 % der Varianz des TMT-A bzw. TMT-B, sodass ein Großteil der Varianz der kognitiven Funktionen durch weitere Faktoren zu erklären ist.

6.2 Einordnung der Ergebnisse in den aktuellen Forschungsstand

Im Folgenden werden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in Bezug zum bestehenden Forschungsstand gesetzt. Ziel ist es, Übereinstimmungen, Widersprüche und mögliche Erklärungsansätze zu identifizieren. Im Gegensatz zu der Studie von Thomas et al. (2020), die keinen Unterschied zwischen Tag- und Schichtarbeitern hinsichtlich Ihrer kognitiven Funktionen feststellen, zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Analyse statistisch signifikante Unterschiede. Der Vergleich der beiden Studien ist jedoch nur bedingt möglich, da Thomas et al. einerseits eine sehr viel geringe Stichprobengröße aufweisen, was einen erheblichen Einfluss auf die Signifikanz haben könnte. Zum anderen lassen sich die Ergebnisse von Thomas et al. nur auf Männer beziehen, da die Teilnehmer ausschließlich männlich sind. Außerdem ist das Durchschnittsalter der Stichprobe von Thomas et al. deutlich mehr als 10 Jahre geringer als das Durchschnittsalter der Stichprobe dieser Studie. Da das Alter deutlich mit den kognitiven Funktionen korreliert, kann dies ebenfalls zu den unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Die Ergebnisse von Titova et al. (2016) lassen sich im Gegensatz dazu deutlich spezifischer mit den vorliegenden Ergebnissen vergleichen, da sowohl die Stichprobengröße, das durchschnittliche Alter sowie die Geschlechterverteilung ähnlich sind. Außerdem wird in beiden Studien der gleiche neurokognitive Funktionstest verwendet, dessen Ergebnisse bei beiden im Rahmen einer multiplen linearen Regressionsanalyse untersucht werden. Der festgestellte statistisch signifikante Zusammenhang bestärkt die Erkenntnisse von Titova et al., die ebenfalls statistisch signifikante Effekte zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen aufzeigen. Die TeilnehmerInnen der Studie von Titova et al., die aktuell in Schichtarbeit tätig sind, benötigen durchschnittlich fast genauso lange für die Lösung des TMT-A, jedoch durchschnittlich fast eine halbe Minute weniger für die Lösung des TMT-B als die SchichtarbeiterInnen der vorliegenden Studie. Ein ähnliches Verhältnis besteht ebenfalls bei den durchschnittlichen TMT-Ergebnissen der TagarbeiterInnen. Darüber hinaus sind die Standardabweichungen der Mittelwerte bei Titova et al. deutlich geringer. Die multiple lineare Regressionsanalyse von Titova et al. zeigt, genau wie die Regressionsanalyse der vorliegenden Studie, einen signifikanten Unterschied, bei dem die TeilnehmerInnen, die aktuell Schichtarbeit leisten, durchschnittlich höhere TMT-Werte aufweisen. Es fällt allerdings auf, dass die unstandardisierten Beta-Koeffizienten bei Titova et al. deutlich geringer sind. Mögliche Erklärungen hierfür liegen unter anderem in der dichotomen Operationalisierung von Schichtarbeit bei der vorliegenden Studie, während Titova et al. differenzierter zwischen den Schichtarbeitshistorien unterscheiden. Zudem unterscheiden sich die Mittelwerte (des TMT-B) und die Streuungen beider Stichproben deutlich, was beispielsweise auf Unterschiede in der Testdurchführung hinweisen könnte.

Da die vorliegende Studie und auch Titova et al. (2016) einen Zusammenhang von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen bei Stichproben in mittlerem bis hohem Alter feststellen, ist es von großer Bedeutung festzuhalten, dass auch Özdemir et al. (2013) diesen Zusammenhang feststellen können, allerdings bei einer Stichprobe mit deutlich jüngerem Alter. Diese Erkenntnis kann darauf hinweisen, dass das Risiko für kognitive Funktionseinschränkungen im Zusammenhang mit Schichtarbeit nicht nur für Menschen in fortgeschrittenem Alter, sondern auch bereits für jüngere Menschen bestehen könnte. Darüber hinaus unterscheiden sich die Ergebnisse von Özdemir et al. von den Ergebnissen der vorliegenden Studie, da die spezifischen kognitiven Funktionen einzeln aufgeschlüsselt und analysiert werden. Beispielsweise können spezifische Aussagen über die Aufmerksamkeit, Kurzzeitgedächtnisprozesse oder Lernfähigkeit getroffen werden, während der TMT nur zwischen dem TMT-A (u.a. Visumotorik) und dem TMT-B (u.a. exekutive Funktionen) unterscheidet und dessen jeweiliger Wert als Maß für kognitive Funktionen betrachtet wird. Özdemir et al. können beim Stroop-Test, welcher die Reaktionshemmung und die Fähigkeit, die Wahrnehmung entsprechend den sich ändernden Anforderungen zu verschieben, misst, keine statistisch signifikanten Ergebnisse feststellen. Es kann daher angenommen werden, dass sich die Effekte von Schichtarbeit je nach kognitiver Funktion unterscheiden. Diese Annahme wird dadurch bekräftigt, dass sich die Effekte und Signifikanzwerte des TMT-A und des TMT-B, welche jeweils unterschiedliche kognitive Funktionen messen, auch in der vorliegenden Studie unterscheiden.

Tian et al. (2022) können bei Personen, die in der Frühschicht und bei Personen, die in der Spätschicht arbeiten, nach Beendigung der Schicht verschlechterte funktionelle Verbindungen zwischen den Gehirnkanälen feststellen, die mit einer Verschlechterung der kognitiven Funktionen einhergehen. Bei den Beschäftigten, die in der Nachschicht arbeiten, zeigt sich jedoch eine Verbesserung der kognitiven Funktionen nach Beendigung der Schicht. Dies steht im Widerspruch mit der angenommenen Hypothese der vorliegenden Studie. Nach Tian et al. sind die unterschiedlichen Tätigkeiten der jeweiligen Schichten eine mögliche Erklärung für die Verbesserung der kognitiven Funktionen nach Beendigung der Nachschicht. Daraus lässt sich schließen, dass scheinbar nicht nur die verschiedenen kognitiven Funktionen unterschiedlich stark mit Schichtarbeit zusammenhängen, sondern auch die Tageszeit und die Tätigkeiten der jeweiligen Schicht den Effekt auf die kognitiven Funktionen beeinflussen könnten. Es ist jedoch wichtig zu erwähnen, dass eine konkrete Aussage über eine mögliche Ursache-Wirkungsbeziehung nur dann getroffen werden kann, wenn das Studiendesign dies erlaubt (z.B. bei einer prospektiven Studie). Da bei der vorliegenden Studie weder unterschiedliche Schichtarten, noch die ausgeführten Tätigkeiten erhoben wurden, können

anhand der Ergebnisse keine Aussagen zu möglichen unterschiedlichen Effekten getroffen werden.

Die Ergebnisse der prospektiven Studie von Ell et al. (2023) lassen sich aufgrund der unterschiedlichen Studiendesigns nur bedingt miteinander vergleichen. Denn während die vorliegende Untersuchung im Rahmen einer Querschnittstudie die kognitiven Funktionen von zwei unabhängigen Gruppen (Tagarbeit vs. Schichtarbeit) miteinander vergleicht, analysieren Ell et al. kognitive Veränderungen der TeilnehmerInnen im Zeitverlauf. Dennoch ergänzen sich die Ergebnisse der beiden Studien, indem die vorliegende Studie einen grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen feststellt und Ell et al. diesem Zusammenhang eine Ursache-Wirkungsbeziehung (Schichtarbeit hat einen Einfluss auf die kognitiven Funktionen) zuschreiben können.

In Bezug auf die Methodik kann zusammengefasst werden, dass Thomas et al. (2020), Titova et al. (2016), Özdemir et al. (2013), Moosavi et al. (2025) sowie die vorliegende Studie zur Erhebung der kognitiven Funktionen standardisierte neurokognitive Tests verwenden. Die Verwendung von standardisierten Instrumenten dient dabei der objektiven, systematischen und reliablen Datenerhebung, wodurch vergleichbare Ergebnisse gewonnen und valide Aussagen getroffen werden können. Im Gegensatz dazu bestehen deutliche Unterschiede hinsichtlich der Operationalisierung von Schichtarbeit. Denn während Thomas et al. (2020), Özdemir et al. (2013) sowie die vorliegende Studie Schichtarbeit als dichotome Variable (Schichtarbeit vs. Tagarbeit) erfassen, nutzen Titova et al. (2016), Moosavi et al. (2025) und Tian et al. (2022) differenzierte kategoriale Einteilungen (z.B. spezifische Schichtarten oder Schichtarbeitshistorie). Cheng et al. (2017) wiederum operationalisieren Schichtarbeit mit einem Fragebogen, der die schichtarbeitsbedingte Disruption des zirkadianen Rhythmus erfasst.

6.3 Limitationen und Stärken

Die Daten der HCHS, die der durchgeführten Analyse zugrunde liegen, repräsentieren einen Querschnitt der Hamburger Bevölkerung und werden zu einem bestimmten Zeitpunkt erhoben. Da diese Erhebung je TeilnehmerIn einmalig stattfindet, können ausschließlich Aussagen über die kognitiven Funktionen zu diesem Zeitpunkt und nicht über eventuelle Veränderungen im Zeitverlauf getroffen werden. Damit geht einher, dass dieses Studiendesign keine Aussage zur Kausalität (Beziehung zwischen Ursache und Wirkung) erlaubt. Verglichen mit einer prospektiven Studie hat die vorliegende Querschnittstudie daher ein geringeres Evidenzniveau, was eine Limitation der Ergebnisse darstellt.

Da es sich bei der HCHS um eine lokale Gesundheitsstudie handelt und ausschließlich Personen, die in Hamburg gemeldet sind, teilnehmen, können die Erkenntnisse ggf. nur auf

die Hamburger Bevölkerung bzw. Bevölkerungen von Städten mit vergleichbaren Lebensbedingungen bezogen werden. Auch die Tatsache, dass Sekundärdaten für die statistische Analyse verwendet wurden, kann ebenfalls als Einschränkung betrachtet werden. So kann beispielsweise nicht sichergestellt werden, dass die Einweisung und Durchführung des TMT bei allen TeilnehmerInnen identisch erfolgte.

Neben dem Studiendesign lassen sich außerdem in dem methodischen Vorgehen der Datenerhebung Limitationen feststellen. Es besteht eine erhebliche Variation der Durchführungszeitpunkte des Trail Making Tests, denn während einige TeilnehmerInnen diesen am Morgen absolvieren, führen andere den Test zu einem sehr viel späteren Tageszeitpunkt durch. Hinsichtlich des zirkadianen Rhythmus, der bekanntermaßen einen Einfluss auf die kognitiven Funktionen hat, kann dies zu einer Verzögerung der Ergebnisse führen. Außerdem werden keine weiteren Faktoren, die die kognitiven Funktionen zum Zeitpunkt der Erhebung beeinflusst haben könnten, erhoben. Dazu zählen unter anderem Faktoren, die den Schlaf betreffen (z.B. Schlafdauer, Schlafqualität), sowie zuvor durchgeführte und ggf. erschöpfende Tätigkeiten (z.B. berufliche Tätigkeiten).

Darüber hinaus können mögliche Verzerrungen durch das verwendete Instrument zur Messung der kognitiven Funktionen entstehen. Zwar misst der TMT durch die unterschiedlichen Anforderungen der beiden Teile verschiedene kognitive Funktionen, die einen allumfassenden Eindruck erlauben (siehe 2.2.3), allerdings kann die Durchführung durch eventuelle physiologische Einschränkungen erheblich beeinflusst werden. Da der TMT als paper-pencil Version angewendet wird, können TeilnehmerInnen, die beispielsweise durch Behinderungen der Hände motorische Einschränkungen aufweisen, benachteiligt sein. Dies kann zu schlechteren Ergebnissen des Tests führen, die jedoch nicht auf schlechtere kognitive Funktionen zurückzuführen sind. Gleiches gilt außerdem für TeilnehmerInnen, die beispielsweise sehbehindert sind.

Die Nutzung von validierten Fragebögen zur Datenerhebung stellt im Hinblick auf einen möglichen Recallbias eine Limitation dar. Insbesondere die selbstberichteten Angaben zur durchschnittlichen Schlafdauer und körperlichen Aktivität können durch lückenhafte und falsche Erinnerungen verzerrt werden. Diesbezüglich ist ebenfalls zu erwähnen, dass die verschiedenen Fragebögen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgefüllt werden. Während die Angaben zu der beruflichen Situation (auch zur Schichtarbeit) bereits Monate vor dem Termin im Studienzentrum (Durchführung des TMT) gemacht werden, erfolgt die Beantwortung der Fragen zum Schlafverhalten und zur körperlichen Aktivität erst im Zeitraum danach. Die Folge dessen ist, dass potenzielle Veränderungen in der beruflichen Situation, dem Schlafverhalten oder der körperlichen Aktivität zwischen den Erhebungszeitpunkten nicht berücksichtigt

werden. Dies vermindert die Aussagekraft über den tatsächlichen Zusammenhang zwischen Schichtarbeit und kognitiven Funktionen. Hinzu kommt, dass die Daten zur Schlafdauer und körperlichen Aktivität unvollständig vorliegen, da die entsprechenden Fragebögen erst im Zeitraum nach dem Termin im Studienzentrum von den TeilnehmerInnen eigenständig ausgefüllt und postalisch zurückgesendet werden sollen, was mit einem größeren Aufwand verbunden ist. Diese Erhebungsform führt zu einem erhöhten Anteil fehlender Werte.

Auch die statistische Auswertung weist einige Limitationen auf. Die bei den Auswertungen berücksichtigten Covariablen *Schlafdauer* und *körperliche Aktivität* werden beispielsweise durch Mittelwert- oder Differenzbildung mehrerer Zeitpunkte eigenständig konstruiert. Hinzu kommt, dass die retrospektive Konstruktion neuer Variablen auf Basis der ohnehin schon unvollständig vorliegenden Daten zusätzlich zu einem Datenverlust führt. Für diese Variablen standen daher letztlich deutlich weniger vollständige Daten zur Verfügung als für die übrigen in der Analyse berücksichtigten Variablen, was auch den Fallzahlen der einzelnen Modelle der Regressionsanalyse zu entnehmen ist (siehe Tabelle 3 und Tabelle 4). Dies schränkt sowohl die Generalisierbarkeit der Ergebnisse als auch die statistische Aussagekraft ein und könnte unter anderem dazu führen, dass der Zusammenhang in Modell 5 bzw. 6 an statistischer Signifikanz verliert.

Eine weitere Limitation ergibt sich, da der Chronotyp in dem Modell unberücksichtigt bleibt. Da dieses Merkmal aber ein entscheidender Faktor für die Disruption des zirkadianen Rhythmus sein kann (siehe 2.1.3), ist anzunehmen, dass die Berücksichtigung des Chronotyps in dem Modell zu Veränderungen des Zusammenhangs von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen führen könnte. Ebenfalls wird bezüglich der Exposition gegenüber Schichtarbeit keine Unterscheidung zwischen Teil- und Vollzeit vorgenommen. Allerdings liegt nahe, dass von einer Beschäftigung in Teilzeit ein anderes Maß an Belastung ausgeht als von einer Beschäftigung in Vollzeit. Dies könnte sich auch in einem unterschiedlich starken Zusammenhang mit den kognitiven Funktionen zeigen.

Die hohe Anzahl der TeilnehmerInnen insgesamt stellt eine Stärke der Analyse dar und trägt grundsätzlich zur Signifikanz der Ergebnisse bei. Die Rekrutierung der TeilnehmerInnen über den zufälligen Bezug der Daten vom Einwohnermeldeamt ist als methodische Stärke zu betrachten, da sie eine zufallsbasierte und repräsentative Stichprobe erlaubt. Die verringert das Risiko eines Selektionsbais. Außerdem weist die Stichprobe eine relativ ausgeglichene Verteilung von Männern und Frauen auf, was der Repräsentativität der Ergebnisse zu Gute kommt. Des Weiteren erhöht die Verwendung validierter Fragebögen sowie die Durchführung des TMT nach SOP die Reliabilität und Validität der erhobenen Daten. Diese Instrumente und Vorgehensweisen ermöglichen eine standardisierte Erfassung von vergleichbaren Daten, was

gleichzeitig auch die Qualität und Aussagekraft der Ergebnisse verbessert. Auch die Datenanalyse im Rahmen einer schrittweisen multiplen linearen Regressionsanalyse leistet einen Beitrag zur Güte der vorliegenden Arbeit, indem die Ergebnisse für Verzerrungen durch potenzielle Confounder bereinigt werden. Damit wird die Aussagekraft der Ergebnisse zeitgleich erhöht.

7 Fazit

Das Arbeiten im Schichtsystem ist für einige Betriebe und Einrichtungen unumgänglich, um beispielsweise Produktionen und Dienstleistungen länger oder dauerhaft aufrecht erhalten zu können. Für die Beschäftigten ist die Schichtarbeit allerdings auch mit einem gesundheitlichen Risiko verbunden. Mit Bezug auf die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit kann festgehalten werden, dass SchichtarbeiterInnen durchschnittlich schlechtere kognitive Funktionen aufweisen als TagarbeiterInnen. Diese Feststellung deckt sich mit den Erkenntnissen einiger anderer Studien. Die verzeichneten Einschränkungen der kognitiven Funktionen können, wie bereits eingangs beschrieben, mit einer verminderten (beruflichen) Leistungsfähigkeit einhergehen. Dies erhöht wiederum das Verletzungsrisiko und verringert die Produktivität. Andauernde Einschränkungen kognitiver Funktionen können schlimmstenfalls auch zu neurodegenerativen Erkrankungen (z.B. Demenz) führen. Um den negativen Auswirkungen beruflicher Expositionen auf die kognitiven Funktionen vorzubeugen, hat die Erkenntnis des Zusammenhangs mit Schichtarbeit insbesondere für ArbeitgeberInnen eine große Bedeutung, da sie in der Verantwortung stehen, gesundheitsförderliche und präventive Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten zu implementieren.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit stellen neben den Erkenntnissen für die Praxis auch eine Relevanz für die Wissenschaft dar. Einerseits können bisherige Forschungsergebnisse zum Teil bestätigt werden, zum anderen werden Bedarfe für weitere Forschungen deutlich. Im Kontext von Schichtarbeit und kognitiven Funktionen sollte untersucht werden, ob unterschiedliche Tätigkeiten mit verbesserten oder verschlechterten kognitiven Funktionen korrelieren, um explizite Risiko- oder Schutzfaktoren ausfindig zu machen. Vor diesem Hintergrund sollten zusätzlich die verschiedenen kognitiven Funktionen differenziert betrachtet werden, da die Effekte scheinbar je nach Funktion variieren. Außerdem besteht ein Bedarf an prospektiven Studien, da sie Aussagen über Kausalität erlauben und so Erkenntnisse über mögliche Langzeiteffekte von Schichtarbeit auf kognitive Funktionen gewonnen werden können. Da der Großteil der Varianz der kognitiven Funktionen durch das untersuchte Modell nicht erklärt wird, ist es von großer Bedeutung in zukünftigen Studien herauszufinden, welche weiteren Faktoren die kognitiven Funktionen beeinflussen.

Literaturverzeichnis

- Ahrenfeldt, L. J., Scheel-Hincke, L. L., Kjærgaard, S., Möller, S., Christensen, K., & Lindahl-Jacobsen, R. (2019). Gender differences in cognitive function and grip strength: a cross-national comparison of four European regions. In: *European Journal of Public Health*, 29(4), S. 667-674. <https://doi.org/10.1093/eurpub/cky266>
- Aschoff, J. (1965). Circadian Rhythms in Man. In: *Science*, 148(3676), S. 1427-1432. <https://doi.org/10.1126/science.148.3676.1427>
- Aschoff, J. (1973). Das circadiane System. In: *Neunundsiebziger Kongress. Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin*, 79, München: J.F. Bergmann Verlag, S. 19-31. https://doi.org/10.1007/978-3-642-47087-5_4
- AWMF – Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. (2020). Gesundheitliche Aspekte und Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit. https://register.awmf.org/assets/guidelines/002-030I_S2k_Gesundheitliche-Aspekte-Gestaltung-Nacht-und-Schichtarbeit_2020-03.pdf [aufgerufen am: 15.06.2025]
- BAUA – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (o.J.). Gestaltung von Nacht- und Schichtarbeit. Schichtarbeit gesundheitsgerecht gestalten. <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung/Arbeitszeit/Nacht-und-Schichtarbeit.html> [aufgerufen am: 17.05.2025]
- Birbaumer, N., & Schmidt, R. F. (2011). Kognitive Funktionen und Denken. In: Schmidt, R. F., Lang, F. & Heckmann, M. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*, Heidelberg: Springer Verlag, S. 237-247. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01651-6_12
- BMG – Bundesministerium für Gesundheit. (2024). Was ist Demenz? <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/pflege/online-ratgeber-demenz/was-ist-demenz.html> [ausgerufen am: 09.08.2025]
- Born, J., & Birbaumer, N. (2019). Zirkadiane Rhythmik und Schlaf. In: Brandes, R., Lang, F., Schmidt, R.F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*, Heidelberg: Springer Verlag, S. 804-816. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56468-4_64
- Cheng, P., Tallent, G., Bender, T. J., Tran, K. M., & Drake, C. L. (2017). Shift Work and Cognitive Flexibility: Decomposing Task Performance. In: *Journal of Biological Rhythms*, 32(2), S. 143-153. <https://doi.org/10.1177/0748730417699309>
- DAG – Deutsche Alzheimer Gesellschaft. (2024). Deutsche Alzheimer Gesellschaft stellt neue Zahlen zur Demenz vor: In den kommenden Jahren immer mehr Menschen betroffen. <https://www.deutsche-alzheimer.de/artikel/deutsche-alzheimer-gesellschaft-stellt-neue-zahlen-zur-demenz-vor-in-den-kommenden-jahren-immer-mehr-menschen-betroffen#:~:text=Nach%20neuesten%20Berechnungen%20leben%20in%20Deutschland%20derzeit%20rund,und%20445.000%20Menschen%20neu%20an%20einer%20Demenz%20erkrankt> [aufgerufen am: 28.05.2025]
- Ell, J., Schiel, J. E., Feige, B., Riemann, D., Nyhuis, C. C., Fernandez-Mendoza, J., Vetter, C., Rutter, M. K., Kyle, S. D., & Spiegelhalder, K. (2023). Sleep health dimensions and shift work as longitudinal predictors of cognitive performance in the UK Biobank cohort. In: *SLEEP*, 46(6), S. 1-9. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsad093>
- Epidemiologisches Studienzentrum. (o.J.). Ziele - gezielt vorbeugen, gesünder leben. <https://hchs.hamburg/fuer-morgen/ziele/> [aufgerufen am: 17.05.2025]

Eurostat. (2024). Arbeitnehmer, die Schichtarbeit leisten, als Prozentsatz aller Arbeitnehmer, nach Geschlecht und Alter (%). https://doi.org/https://doi.org/10.2908/LFSA_EWPSHI [aufgerufen am: 15.05.2025]

Husse, J., Leliavski, A., & Oster, H. (2013). Zirkadiane Uhren in Gehirn und Peripherie: biologische Funktion und Relevanz für die Klinik. In: *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 138(10), S. 493-496. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1332901>

Jagodzinski, A., Johansen, C., Koch-Gromus, U., Aarabi, G., Adam, G., Anders, S., Augustin, M., der Kellen, R. B., Beikler, T., Behrendt, C.-A., Betz, C. S., Bokemeyer, C., Borof, K., Briken, P., Busch, C.-J., Büchel, C., Brassen, S., Debus, E. S., Eggers, L., . . . Blankenberg, S. (2020). Rationale and Design of the Hamburg City Health Study. In: *European Journal of Epidemiology*, 35(2), S. 169-181. <https://doi.org/10.1007/s10654-019-00577-4>

Kiely, K. M. (2014). Cognitive Function. In: Michalos, A. C. (Hrsg.), *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*, Niederlande: Springer Verlag, S. 974-978. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_426

Kurz, A., Diehl, J., Riemenschneider, M., Perneczky, R., & Lautenschlager, N. (2004). Leichte kognitive Störung. In: *Der Nervenarzt*, 75(1), S. 6-15. <https://doi.org/10.1007/s00115-003-1568-4>

Leso, V., Caturano, A., Vetrani, I., & Iavicoli, I. (2021). Shift or night shift work and dementia risk: a systematic review. In: *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 25(1), S. 222-232. https://doi.org/10.26355/eurrev_202101_24388

Moosavi, S., Ghalehnoei, M., Amerzadeh, M., & Variani, A. S. (2025). The relationship between shift work, circadian rhythms, and cognitive function in ICU nursing. In: *BMC Nursing*, 24(1), Art. Nr. 324 <https://doi.org/10.1186/s12912-025-02850-2>

Özdemir, P. G., Selvi, Y., Özkol, H., Aydin, A., Tülüce, Y., Boysan, M., & Beşiroğlu, L. (2013). The influence of shift work on cognitive functions and oxidative stress. In: *Psychiatry Research*, 210(3), S. 1219-1225. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2013.09.022>

Penner, I. K. (2014). Kognitive Dysfunktion bei Multipler Sklerose. In: *Nervenheilkunde*, 33(07/08), S. 505-510. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1627703>

Rick, O., & König, V. (2022). Kognitive Dysfunktion. In: Schmoll, H.-J. (Hrsg.), *Kompendium Internistische Onkologie*, Heidelberg: Springer Verlag, S. 1-4. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46764-0_326-1

Rodenbeck, A. (2020). Chronobiologie. In: Peter, H., Penzel, T., Peter, J. H., Peter, J. G., *Enzyklopädie der Schlafmedizin*, Heidelberg: Springer Verlag, S. 1-5. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54672-3_32-1

Sewell, K. R., Erickson, K. I., Rainey-Smith, S. R., Peiffer, J. J., Sohrabi, H. R., & Brown, B. M. (2021). Relationships between physical activity, sleep and cognitive function: A narrative review. In: *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 130, S. 369-378. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.003>

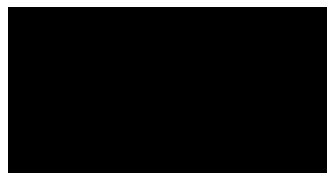
Siegler, R., Saffran, J. R., Gershoff, E. T., Eisenberg, N. (2021). Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter. 5. Auflage, Berlin: Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62772-3>

Thomas, J., Overeem, S., Dresler, M., Kessels, R. P. C., & Claassen, J. A. H. R. (2021). Shift-work-related sleep disruption and the risk of decline in cognitive function: The CRUISE Study. In: *Journal of Sleep Research*, 30(2), S. 1-9. <https://doi.org/10.1111/jsr.13068>

- Tian, F., Li, H., Tian, S., Shao, J., & Tian, C. (2022). Effect of Shift Work on Cognitive Function in Chinese Coal Mine Workers: A Resting-State fNIRS Study. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), Art. Nr. 4217. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074217>
- Tischler, L., & Petermann, F. (2010). Trail making test (TMT). In: *Zeitschrift für Psychiatrie Psychologie und Psychotherapie*, 58, S. 79-81. <https://doi.org/10.1024/1661-4747.a000009>
- Titova, O. E., Lindberg, E., Elmståhl, S., Lind, L., Schiöth, H. B., & Benedict, C. (2016). Association between shift work history and performance on the trail making test in middle-aged and elderly humans: the EpiHealth study. In: *Neurobiology of Aging*, 45, S. 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2016.05.007>

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ausschließlich unter Benutzung der angegebenen Hilfsmittel ohne Nutzung einer gKI-Anwendung (wie z.B. ChatGPT) angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Schriften entnommen wurden, sind als solche durch Anführungszeichen kenntlich gemacht und die Arbeit war in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung.



Hamburg, den 30.08.2025

Anhang

A1 Tabelle Bivariate Zusammenhänge

Tabelle 5: Bivariate Zusammenhänge mit allen Variablen

	TMT-A		TMT-B		Arbeitszeitmodell		Alter		Geschlecht		Bildung		Schlafdauer		Körperliche Aktivität		
	r / ρ	p-Wert	r / ρ	p-Wert	r / ρ	p-Wert	r / ρ	p-Wert									
TMT-A																	
TMT-B																	
Arbeitszeitmodell	0,05 ¹	< 0,001	0,08 ¹	< 0,001													
Alter	0,30 ²	< 0,001	0,28 ²	< 0,001	-0,03 ²	0,01											
Geschlecht	-0,01 ¹	0,34	-0,02 ¹	0,12	0,03 ³	0,04	-0,06 ¹	< 0,001									
Bildung	-0,08 ²	< 0,001	-0,13 ²	< 0,001	-0,14 ²	< 0,001	-0,03 ²	0,01	-0,12 ²	< 0,001							
Schlafdauer	0,02 ¹	0,25	0,01 ¹	0,88	-0,13 ¹	< 0,001	0,05 ¹	< 0,001	0,11 ¹	< 0,001	0,10 ²	< 0,001					
Körperliche Aktivität	-0,01 ¹	0,78	0,02 ¹	0,38	-0,01 ¹	0,58	0,03 ¹	0,19	0,03 ¹	0,13	0,14 ²	< 0,001	0,08 ¹	< 0,001			

Die Ergebnisse werden als Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) oder Rangkorrelation nach Spearman (ρ) und Signifikanzwert (p-Wert) angegeben. Bei dem Arbeitszeitmodell bilden die TagarbeiterInnen die Referenzgruppe, bei dem Geschlecht bilden die Männer die Referenzgruppe und bei der Bildung bilden Personen mit niedrigem Bildungsniveau die Referenzgruppe. ¹ = Korrelationskoeffizient nach Pearson, ² = Rangkorrelation nach Spearman, ³ = Cramer's V, TMT-A = Trail Making Test Teil A, TMT-B = Trail Making Test Teil B, (eigene Darstellung)