

Aus dem Zentralinstitut für Seelische Gesundheit  
Abteilung für Neuropsychologie und Psychologische Resilienzforschung  
(Seniorprofessorin: Prof. Dr. Dr. h.c. Dr. h.c. Herta Flor)

Aufmerksamkeitstraining in der virtuellen Realität: Analyse der Effekte  
bei Gesunden und Personen nach Schlaganfall

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doctor scientiarum humanarum (Dr. sc. Hum)  
an der  
Medizinischen Fakultät Mannheim  
der Ruprecht-Karls-Universität  
zu  
Heidelberg

vorgelegt von  
Tabea Sellner geb. Waßmuth  
(M. Sc. Psychologie)  
aus  
Gießen  
2025

Dekan: Prof. Dr. med. Sergeij Goerdt

Referentin: Frau Prof. Dr. rer. soc. Dr. h.c. Dr. h.c. Herta Flor

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	7
ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	8
TABELLENVERZEICHNIS .....	9
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>10</b>
<b>2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN .....</b>	<b>12</b>
2.1    Aufmerksamkeit und Affekt in der neuropsychologischen Rehabilitation ...	12
2.1.1    Aufmerksamkeit.....	12
2.1.2    Affekt .....	14
2.2    Virtuelle Realität .....	15
2.2.1    Allgemeiner Überblick.....	15
2.2.2    VR in der neurologischen Rehabilitation.....	15
2.2.3    VR Applikation in dieser vorliegenden Untersuchung .....	17
2.3    Ziele und Hypothesen .....	18
2.3.1    Studie 1 .....	19
2.3.2    Studie 2 .....	19
<b>3 MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>21</b>
3.1    Stichprobe .....	21
3.1.1    Studie 1 Rekrutierung und Einschlusskriterien .....	21
3.1.2    Studie 2 Rekrutierung und Einschlusskriterien .....	21
3.2    Design .....	21
3.3    Material .....	22
3.3.1    Helix-Arena.....	22

3.3.2	Verfolgungstraining in der Helix-Arena .....	23
3.3.3	Verfolgungstraining am PC .....	25
3.3.4	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) .....	26
3.3.5	Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) .....	27
3.3.6	Sensoren .....	28
3.3.6.1	Studie 1 .....	28
3.3.6.2	Studie 2 .....	28
3.3.7	Feedback Fragebogen .....	29
3.3.7.1	Studie 1 .....	29
3.3.7.2	Studie 2 .....	29
3.4	Studienablauf .....	30
3.4.1	Prä- und Post-Messung .....	30
3.4.2	Trainingssitzungen .....	31
3.5	Datenanalyse .....	31
3.5.1	Aufbereitung der Daten .....	31
3.5.1.1	Diagnostik-Version Helix-Arena .....	31
3.5.1.2	TAP .....	32
3.5.1.3	PANAS .....	32
3.5.1.4	Sensoren .....	32
3.5.1.5	Feedback Fragebogen .....	34
3.5.1.6	Analysesoftware und Statistiken .....	34
4	ERGEBNISSE .....	36
4.1	Studie 1 .....	36
4.1.1	Stichprobe .....	36
4.1.2	Diagnostik-Version Verfolgungstraining Helix-Arena .....	37
4.1.2.1	Helix Score .....	37
4.1.2.2	Reaktionszeit Diagnostik-Version Helix-Arena .....	37
4.1.3	TAP .....	38
4.1.3.1	Alertness .....	38
4.1.3.2	Geteilte Aufmerksamkeit .....	39
4.1.3.3	Aufmerksamkeitsverschiebung .....	40
4.1.3.4	Visuelles Scanning .....	41
4.1.4	PANAS .....	44
4.1.4.1	Positive Subskala .....	44
4.1.4.2	Negative Subskala .....	45

4.1.5    Sensoren .....	46
4.2    Studie 2 .....	46
4.2.1    Stichprobe .....	46
4.2.2    Diagnostik-Version Verfolgungstraining Helix-Arena .....	48
4.2.2.1    Helix Score.....	48
4.2.2.2    Reaktionszeit Diagnostik-Version Helix-Arena.....	49
4.2.3    TAP.....	49
4.2.3.1    Alertness .....	49
4.2.3.2    Geteilte Aufmerksamkeit.....	50
4.2.3.3    Aufmerksamkeitsverschiebung .....	51
4.2.3.4    Visuelles Scanning.....	52
4.2.4    PANAS .....	54
4.2.4.1    Positive Subskala.....	54
4.2.4.2    Negative Subskala .....	54
4.2.5    Sensoren .....	55
4.2.5.1    Kopfsensor.....	55
4.2.5.2    Brustsensor.....	56
4.2.5.3    Lag .....	56
4.2.6    Feedback Fragebogen.....	60
4.2.6.1    Fragen.....	60
4.2.6.2    Offene Anmerkungen.....	60
 5 DISKUSSION .....	62
5.1    Studie 1 .....	62
5.2    Studie 2 .....	65
5.3    Sensoren.....	69
5.4    Limitationen.....	71
5.4.1    Studie 1 .....	71
5.4.2    Studie 2 .....	71
5.4.2.1    Limitationen Sensoren Studie 2 .....	72
5.5    Fazit .....	72
5.6    Ausblick.....	73
 6 ZUSAMMENFASSUNG.....	75

7 LITERATURVERZEICHNIS.....	76
8 TABELLARISCHER ANHANG.....	86
8.1    Fragebogen Studie 1.....	86
8.1.1    Demographische Variablen Studie 1 .....	86
8.1.2    Feedback Fragebogen Studie 1 .....	88
8.2    Fragebogen Studie 2.....	89
8.2.1    Demographische Variablen Studie 2 .....	89
8.2.2    Körperliches Befinden Studie 2 .....	91
8.2.3    Feedback Fragebogen Studie 2 .....	92
9 LEBENSLAUF .....	94
10 DANKSAGUNG .....	96

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ANOVA	Varianzanalyse
ANCOVA	Kovarianzanalyse
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
EG	Experimentalgruppe
Ggf	gegebenenfalls
HMD	Head Mounted Display
KG	Kontrollgruppe
M	Mittelwert
N	Stichprobengröße
M0	Messung vor dem Training
M1	Messung nach dem Training
Min.	Minimum
Max.	Maximum
Ms	Millisekunden
PANAS	Positive and Negative Affect Schedule
PC	Personal Computer
Rz	Reaktionszeit
SD	Standardabweichung
T0	Prä-Messung
T1	Post-Messung
TAP	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung
usw	und so weiter
VR	Virtuelle Realität
vs	versus
ZI	Zentrainstitut

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1.</b>	a. Helix-Arena; b. Handcontroller; c. Verfolgungstraining	
	In der Helix-Arena.....	22
<b>Abbildung 2.</b>	Phasen des Verfolgungstrainings in der Helix-Arena.....	24
<b>Abbildung 3.</b>	a. Markierungsphase; b. Bewegungsphase.....	25
<b>Abbildung 4.</b>	Darstellung der Anbringung des Sensors am Kopf.....	29
<b>Abbildung 5.</b>	Signifikanter Effekt der positiven Subskala. Beinhaltet M und SD. Stern gibt den signifikanten Unterschied ( $p < .05$ ) an (Studie 1).....	45
<b>Abbildung 6.</b>	Ausrichtung der Bewegungen von Kopf und Brust sowie Darstellung des Lag.....	58
<b>Abbildung 7.</b>	Richtung des Kopfes im Durchschnitt je nach Lokalisation des Schlaganfalls.....	59

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle 1.</b>	Abhängige Variablen Hypothesentestung.....	35
<b>Tabelle 2.</b>	Zusammensetzung der Stichprobe (Studie 1).....	36
<b>Tabelle 3.</b>	Deskriptive Statistiken des Helix-Scores und der Reaktionszeit (sec) während der Diagnostik-Version des Verfolgungstrainings. Aufgeteilt nach Gruppen (Studie 1).....	38
<b>Tabelle 4.</b>	Ergebnisse der TAP Subtests in Bezug auf die Interaktion Gruppe*Zeit (Studie 1).....	43
<b>Tabelle 5.</b>	Deskriptive Statistiken der PANAS Subskalen (Studie 1).....	46
<b>Tabelle 6.</b>	Datenausfälle TAP-Subtests.....	47
<b>Tabelle 7.</b>	Zusammensetzung der Stichprobe (Studie 2).....	47
<b>Tabelle 8.</b>	Gefäß/Stromgebiet des Schlaganfalls, sowie Zeitpunkt der Studienteilnahme nach Schlaganfall.....	48
<b>Tabelle 9.</b>	Ergebnisse der TAP Subtests in Bezug auf die Interaktion Gruppe*Zeit.....	53
<b>Tabelle 10.</b>	Deskriptive Statistiken der PANAS Subskalen (Studie 2).....	55
<b>Tabelle 11.</b>	Deskriptive Statistiken Feedback Fragebogen (Studie 2).....	60
<b>Tabelle 12.</b>	Offene Anmerkungen (Studie 2).....	61

## 1 EINLEITUNG

Der Schlaganfall wird weltweit, sowie in Deutschland als zweithäufigste Todesursache genannt (Busch et al., 2013). Im Alter von 40-79 Jahren liegt die Lebenszeitprävalenz bei 2,9% (Busch et al., 2013). Hierbei steigt die Prävalenz mit dem Alter (Truelsen et al., 2006). Aufgrund des Altersanstiegs der Bevölkerung ist ein Anstieg der Inzidenz zu erwarten (Heuschmann et al., 2010). Etwa drei Viertel der Schlaganfälle werden überlebt, weshalb die Therapie einen elementaren Stellenwert einnimmt (Busch et al., 2013). Viele Personen leiden unter neurologischen Problemen nach dem Schlaganfall, die von leicht bis schwer reichen (Heuschmann et al., 2010), was oft zu Einschränkungen im täglichen Leben der Betroffenen führt (Jehkonen et al., 2000). Diese Einschränkungen sind in einer Vielzahl von Bereichen zu erwarten, z. B. beim Sehen, Sprechen, Gehen, den exekutiven Funktionen, der Aufmerksamkeit, weiteren Gedächtnisfunktionen und der Orientierung (Galluci & Umarova, 2021; Rimmele & Thomalla, 2022). Auch Depressionen, Angststörungen und eine dementielle Entwicklung spielen in der Rehabilitation eine Rolle und haben Auswirkungen auf die Lebensqualität und auf Alltagsfunktionen (Hackett & Pickles, 2014; Katan & Luft, 2018). Die Rehabilitation nach einem Schlaganfall hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Wichtige Faktoren sind die Zeit, die bis zum Beginn der Behandlung des Schlaganfalls vergeht, sowie die Lokalisierung und die Größe des Schlaganfalls (Langhorne et al., 2011). Zudem sind auch individuelle Charakteristiken der Personen nach Schlaganfall entscheidend, wie beispielsweise der sozioökonomische Status oder die Bildung (Rimmele & Thomalla, 2022). Des Weiteren spielen die Reservekapazitäten des Gehirnes, sowie Vorschädigungen eine Rolle (Arsava et al., 2009; Knecht et al., 2016). Der komplexe Rehabilitationsprozess beinhaltet eine Kombination aus spontanen und lernabhängigen Prozessen, wie Restitution, Substitution und Kompensation. Die Ergebnisse der Rehabilitation variieren zwischen den Betroffenen, wobei die Phase des größten Rehabilitationspotentials in den ersten 6 Monaten nach dem Schlaganfall liegt (Langhorne et al., 2011). Je früher die Therapie beginnt, umso besser sind die Ergebnisse und die Chancen der Rehabilitation (Langhorne et al., 2011). Hierbei ist das Ziel jeder Rehabilitation die größtmögliche Autonomie wiederzuerlangen und im Idealfall die vollständige psychosoziale Reintegration (Knecht et al., 2016).

Auf virtueller Realität (VR) basierende Therapieansätze erhalten immer mehr Eintritt auch in der neurologischen Rehabilitation. Bei VR gestütztem Training wird beispielsweise von gesteigerter Motivation (Bauer & Andringa, 2020; Rockstroh et al., 2019) und von individualisiertem Training berichtet (Sutcliffe et al., 2019). Es besteht somit die Möglichkeit mit dieser Methode Parameter wie die Aufmerksamkeit und das allgemeine Befinden zu verbessern (Domínguez-Téllez et al., 2020; Faria et al., 2016).

Das Ziel dieser Dissertation war es zu ermitteln, inwiefern Personen nach einem Schlaganfall in der neurologischen Rehabilitation bestmöglich unterstützt und gefördert werden können. Hierfür werden die verschiedenen Aspekte einer Rehabilitation in Bezug auf Aufmerksamkeit und Affekt beleuchtet. In einem weiteren Schritt wird speziell auf die Anwendung von virtueller Realität im Allgemeinen und speziell in der neurologischen Rehabilitation eingegangen.

Den Abschluss des ersten Kapitels bildet die Vorstellung der zwei empirischen Studien, die sich aus dem Stand der Forschung ergeben, sowie die Formulierung der Hypothesen. In Kapitel 2 folgen Material und Methoden der Untersuchung. In Kapitel 3 werden die Ergebnisse der beiden Studien vorgestellt. Abgeschlossen wird mit Kapitel 4, der allgemeinen Diskussion, sowie einem Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten.

## 2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

### 2.1 Aufmerksamkeit und Affekt in der neuropsychologischen Rehabilitation

#### 2.1.1 Aufmerksamkeit

Die Aufmerksamkeit als eine der zentralen Hirnfunktionen steht im Zentrum umfangreicher Forschung (Graf et al., 2011; Leclercq & Zimmermann, 2002; Sturm, 2005). Aufmerksamkeitsdefizite treten häufig nach einem Schlaganfall auf (Cramer et al., 2023; Loetscher et al., 2019). Sie umfassen beispielsweise Konzentrationsschwierigkeiten, erhöhte Ablenkbarkeit oder schnellere Ermüdbarkeit und können über mehrere Jahre bestehen (Loetscher et al., 2019). Zudem ist die Aufmerksamkeit ein Vermittler für höhere Prozesse wie Sprache und Gedächtnis (Lezak et al., 2004). Das Training von Aufmerksamkeitsfunktionen ist elementar, da Defizite nicht nur zu Problemen der Kognition, sondern auch in der Lebensqualität führen können (Mitchell et al., 2010; Nys et al., 2006). Zudem können sie andere Rehabilitationsprozesse behindern (Hyndman & Ashburn, 2003). Aufmerksamkeit kann als ein Zusammenspiel verschiedener Teilstrukturen bezeichnet werden. Hierbei spielen folgende Funktionen eine Rolle: Aufmerksamkeitsaktivierung (alertness), Daueraufmerksamkeit (sustained attention), selektive Aufmerksamkeit (selective, focused attention), sowie geteilte Aufmerksamkeit (divided attention) (van Zomeren & Brouwer, 1994).

Der Schwerpunkt der Forschung zur Aufmerksamkeit in der Rehabilitation, z. B. bei Personen nach Schlaganfall, liegt auf neuropsychologischen Prozessen (Posner & Boies, 1971; Sturm, 1996; van Zomeren & Brouwer, 1994) sowie auf neurophysiologischen Korrelaten (Graf et al., 2011). Aus neurophysiologischer Sicht kann Aufmerksamkeit als ein Top-down-Prozess betrachtet werden, der die Informationsverarbeitung durch eine Verstärkung kortikaler Antworten und einer Modulation neuronaler Aktivität beeinflusst. Aufmerksamkeitsprozesse führen zu einer systematischen und selektiven Zunahme oder Abnahme neuronaler Assoziationen. Die Aufmerksamkeit kann somit die Plastizität des Gehirns als Top-down-Prozess beeinflussen. Dieser Effekt wurde bei Tieren festgestellt. Bei Ratten wurden Erweiterungen der kortikalen Repräsentationen im Zusammenhang mit Aufmerksamkeitsprozessen beobachtet, wenn unterschiedliche Frequenzen oder Lautstärken auditiver Reize erkannt werden mussten, obwohl der sensorische Input identisch war (Polley et al., 2006). Diese Befunde konnten auch beim Menschen bestätigt werden. So führte beispielsweise die Vorstellung von Fingerbewegungen zu einer Vergrößerung des Bereichs des motorischen Kortex,

der während der tatsächlichen Bewegung aktiviert wird (Pascual-Leone et al., 1995; Robertson & Murre, 1999). Daraus lässt sich schließen, dass systematisches und gezieltes Training zu einer Reaktivierung und funktionellen Erholung geschädigter Bereiche führen kann, da der Top-down-Input aus den Aufmerksamkeitsschaltkreisen die Verbindungen in den nicht geschädigten Gehirnbereichen verbessern kann (Robertson et al., 1997). Für mehrere neuartige Rehabilitationsmethoden, wie z. B. die Vorstellung von Bewegung oder die gezielte Lenkung der Aufmerksamkeit, konnte gezeigt werden, dass sie die Neuroplastizität erhöhen (De Vries & Mulder, 2007; Jackson et al., 2001; Page, 2001; Sharma et al., 2006; Stevens & Stoykov, 2003). Die Verbesserung der Aufmerksamkeit kann sich also positiv auswirken, indem die Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Bereich gelenkt wird und sich so die Auswirkungen auf die positive Neuroplastizität bei Behandlungen nach Hirnschäden erhöht.

Das Hauptziel der Rehabilitation besteht darin, alte Funktionen wiederherzustellen oder sie durch das Erlernen neuer Funktionen zu kompensieren (Cicerone et al., 2000). Diese Methoden beruhen auf psychologischen, neuropsychologischen sowie kognitiven Modellen und Theorien (Loetscher et al., 2019). Die Verbesserung von Aufmerksamkeitsdefiziten kann über Papier-Bleistift-Aufgaben oder computerbasierte Aktivitäten trainiert werden, die jeweils Aufmerksamkeit erfordern (Loetscher et al., 2019). Hierbei ruht die Hoffnung auf der Neuroplastizität des Gehirns. Mit Hilfe von Training kann diese lebenslang angeregt werden (Cumming et al., 2013).

Ein weiterer Ansatz besteht darin, den Personen nach Schlaganfall kompensatorische Strategien für ihre Beeinträchtigung zu vermitteln (Cicerone et al., 2005). Bei kompensatorischen Strategien spricht man davon, die externe Umwelt an die veränderten kognitiven Fähigkeiten anzupassen (Cumming et al., 2013). In ihrer Übersichtsarbeit beschreiben Loetscher et al. (2019) die Rehabilitation der Aufmerksamkeit. Sie kommen zu dem Schluss, dass es keine Belege für eine langfristige Verbesserung gibt, obwohl in einigen Fällen das Training direkt zu einem positiven Effekt führt. In einer Studie wurde beispielsweise eine Verbesserung im Untertest "Geteilte Aufmerksamkeit" der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) im Vergleich zu einer Kontrollgruppe festgestellt (Röhring et al., 2004). Diese Effekte sind jedoch oft nicht von Dauer. Die Nachhaltigkeit des Effekts ist jedoch wichtig, um eine Übertragung auf Aktivitäten des täglichen Lebens zu gewährleisten. Realistische Trainingssituationen, wie sie in der

virtuellen Realität (VR) verwendet werden, könnten zur Verbesserung der Nachhaltigkeit beitragen, da die realistische Trainingssituation den Transfer in reale Lebenssituationen verbessern könnte.

### 2.1.2 Affekt

Unter Affekt versteht man das Erleben von Positivität und Negativität. Unter positivem Affekt wird im allgemeinen ein enthusiastischer, aktiver und wacher Zustand verstanden, wohingegen negativer Affekt durch negative Anspannung, Niedergeschlagenheit, Ärger und Angst gekennzeichnet ist (Watson & Tellegen, 1985). Positiver und negativer Affekt sind nicht abhängig voneinander, sondern werden als unabhängige unipolare Dimension desselben Konstrukts bezeichnet (Krohne et al., 1996).

Im Allgemeinen hat der Affekt einen erheblichen Einfluss auf die Kognition, die soziale Interaktion sowie das psychische Wohlbefinden und verbessert die Funktion im Alltag (Carver et al., 2014). Positiver Affekt zeigt positive Korrelationen mit sozialer Aktivität, Zufriedenheit und einer Reihe von angenehmen Ereignissen. Beim negativen Affekt wurden positive Korrelationen mit Stress, Gesundheitsproblemen und einer Reihe von unangenehmen Ereignissen festgestellt (Crawford & Henry, 2004). Somit kann der Affekt einen großen Einfluss auf die Rehabilitation haben. Dabei ist positiver Affekt erstrebenswert und negativer Affekt sollte gering gehalten werden (Frijda, 2001). Es konnte festgestellt werden, dass ein höherer positiver Affekt bei Personen nach Schlaganfall, während eines stationären Aufenthaltes, mit einer höheren sozialen Beteiligung während der neurologischen Rehabilitation einhergeht (Berges et al., 2012). Eine weitere Studie berichtet einen Zusammenhang zwischen positivem Affekt und Schmerz bei Personen nach Schlaganfall. Hierbei wurden bei den Personen nach Schlaganfall mit höherem positiven Affekt drei Monate nach Entlassung signifikant niedrigere Schmerzwerte festgestellt (Berges et al., 2011). Zudem scheinen positive Emotionen mit einer zunehmenden Wahrscheinlichkeit der Wiederherstellung funktioneller Funktionen einherzugehen (Seale et al., 2010). Weitere Ergebnisse deuten darauf hin, dass Variablen, wie Apathie, Angst, Depressionen und Freude große Einflüsse auf die Teilhabe nach einem Schlaganfall haben (Lee et al., 2023). Somit sollten emotionale Faktoren in den Fokus genommen werden, da diese für die langfristige Rehabilitation eine wichtige Rolle spielen können.

## 2.2 Virtuelle Realität

### 2.2.1 Allgemeiner Überblick

Unter Virtueller Realität (VR) versteht man im Allgemeinen die Möglichkeit sich in einer auf der realen Welt basierenden Umgebung zu bewegen. Das wird durch Computerhardware und -software ermöglicht. Den Teilnehmenden wird durch verschiedenen Apparaturen (VR-Brillen, spezifische Räume, usw.) die Möglichkeit gegeben, in dieser virtuellen Welt bzw. Realität zu agieren und mit dieser zu interagieren. Ziel hierbei ist es, ein möglichst reelles Erleben für die Teilnehmenden zu generieren (Lam et al., 2006). VR-basierte Trainingsmethoden basieren auf dem Grundziel, die realen Reize der Teilnehmenden zu dämmen und durch simulierte Reize zu ersetzen. Dabei kann entweder eine Erkundung der simulierten Reize durch die Teilnehmenden selbst stattfinden oder die Teilnehmenden nehmen an einem Spiel teil, bei dem zielgerichtetes Verhalten verlangt wird.

Ein wichtiger Begriff im Bezug auf VR ist die Immersion. Unter Immersion versteht man den Grad der Einbindung der Teilnehmenden in die VR-Apparatur. Diese Apparaturen können variieren, womit auch der Grad der Immersion variieren kann. So gelten Apparaturen wie eine VR-Brille (Head-Mounted-Display; HMD), durch die konkave Oberfläche als immersiv. Im Vergleich dazu ist eine Abbildung auf einem Standard-Bildschirm weniger immersiv (Schutte, 2020). Auf die Umsetzung der Immersion in diesem Projekt wird in Abschnitt 2.2.3 näher eingegangen. Neben der Immersion beschreibt auch der Begriff der Präsenz das Erlebte der Teilnehmenden in der VR (Slater, 2003). Unter Präsenz versteht man die Intensität mit der Teilnehmende das Gefühl haben, sich wirklich in der virtuellen Realität zu befinden; Es wird das eigene Erleben beschrieben (Slater, 2003; Witmer & Singer, 1998). Um das bestmögliche Ergebnis eines VR-Trainings zu gewährleisten, spielt das angewandte Training eine wichtige Rolle. So sollte ein Training der Aufmerksamkeitsfunktionen die entsprechenden Bereiche ansprechen und für die Zielgruppe lösbar sein (Shipstead et al., 2012).

### 2.2.2 VR in der neurologischen Rehabilitation

VR wird bereits in der neurologischen Rehabilitation eingesetzt, auch bei Personen nach Schlaganfall. Im Vergleich zu Personen nach Schlaganfall, die nur eine standardmäßige computergesteuerte kognitive Rehabilitation erhielten, haben mehrere Studien gezeigt, dass Personen nach Schlaganfall, die an einem Virtual-Reality-Training teil-

nehmen, einen Vorteil zu haben scheinen. So wird von einer signifikant stärkeren Verbesserung der allgemeinen kognitiven Funktionen, der Aufmerksamkeit und der exekutiven Funktionen bei einem VR-Training im Vergleich zur konventionellen Rehabilitation bei Personen nach Schlaganfall berichtet (Faria et al., 2016). Allerdings gibt es auch Untersuchungen, die keine zusätzlichen Effekte ergeben haben (Khan et al., 2023). In ihrer Metaanalyse von randomisierten kontrollierten Studien mit Personen nach Schlaganfall, die eine VR-basierte anstelle einer konventionellen Behandlung erhielten, berichteten Aminov et al. (2018) über einen kleinen bis moderaten zusätzlichen Effekt von VR auf die Kognition. Die Autoren empfahlen daher, VR zusätzlich zur konventionellen Therapie einzusetzen. Zhong et al. (2021) konnten in ihrer Metaanalyse keinen Vorteil von Verbesserungen der Aufmerksamkeit durch VR finden, beobachteten aber eine größere Verbesserung der allgemeinen kognitiven Funktionen. Eine weitere Studie konnte eine Überlegenheit von VR-Training gegenüber einer Kontrollgruppe in Bezug auf Aufmerksamkeits- und Gedächtnisfunktionen finden (Gamito et al., 2017). Eine Übersichtsarbeit von Maggio et al. (2019) zeigte vielversprechende Ergebnisse in Bezug auf VR-Training. Personen nach Schlaganfall berichteten nach dem Training von einer Verbesserung in vielen kognitiven Bereichen. Vor allem scheint das VR-Training Motivation und Teilnahme zu fördern (Maggio et al., 2019). Kognitive Interventionen, welche auf VR-Training basieren, scheinen einen wichtigen Effekt für die globalen kognitiven Funktionen, die exekutiven Funktionen, sowie das Gedächtnis zu haben. Vor allem ein persönliches Coaching, ein individuell angepasstes Design, sowie die Länge der Intervention scheinen eine wichtige Rolle zu spielen (Rose Sin Yi et al., 2024). Eine weitere Metaanalyse zeigte eine Verbesserung der allgemeinen kognitiven Funktionen von Personen nach Schlaganfall bei Teilnehmenden eines VR-Trainings im Vergleich zu Teilnehmenden der Standardtherapie. Zudem konnte gezeigt werden, dass VR-Training zu einer Verbesserung von Depressionen und der mentalen Gesundheit führt (Lin et al., 2023).

Virtuelle Realität verbessert auch den Affekt (Schutte, 2020), insbesondere bei Menschen, die an neurologischen Beeinträchtigungen leiden (Chan et al., 2020). Ergebnisse in Bezug auf den momentanen Affekt und VR zeigten eine erhöhte Freude an der Bewegung (Bauer & Andringa, 2020; Brimelow et al., 2020; Zhong et al., 2021), eine Stimmungsaufhellung (Chan et al., 2020; Liszio, 2021; Schutte, 2020) und eine gesteigerte Neugier und ein gesteigertes Interesse (Rupp et al., 2019; Schutte, 2020). Andere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die VR-Erfahrung als positiv, angenehm

und entspannend empfunden wird (Anderson et al., 2017; Riches et al., 2021). In Bezug auf eine ältere Stichprobe wurde festgestellt, dass kognitives VR-Training den positiven Affekt erhöht und den negativen Affekt verringert (Chan et al., 2020). Eine 360-Grad-Umgebung kann insbesondere die Motivation und den positiven Affekt steigern (Chan et al., 2020; Liszio, 2021; Parong & Mayer, 2018; Roche et al., 2019).

Generell scheint VR einen positiven Einfluss auf das psychische Wohlbefinden zu haben (Roche et al., 2019) und die Lebensqualität zu erhöhen (Demeco et al., 2023). VR bietet weitere Vorteile, wie z. B. ein direktes Feedback zur Leistung, was sich positiv auf die Motivation auswirken kann (Domínguez-Téllez et al., 2020). Darüber hinaus kann adaptives Training perfekt umgesetzt werden, was eine konstante Herausforderung ermöglicht, wodurch ein erhöhter Trainingseffekt zu erwarten ist und die Motivation aufrechterhalten wird (Ryan et al., 2006; Sutcliffe et al., 2019).

Auch wenn nicht alle Studien deutliche Vorteile von VR-Training gegenüber Standardtherapien zeigen konnten, überwiegen die positiven Effekte. Die Ansätze erscheinen vielversprechend und befürworten eine vermehrte Implementation in den therapeutischen Alltag der Behandlung von kognitiven Störungen (Bourgeois et al., 2023; Khan et al., 2023; Moulaei et al., 2024).

### 2.2.3 VR Applikation in dieser vorliegenden Untersuchung

Das Forschungsprojekt basiert auf der Anwendung der VR mit Hilfe der Helix-Arena (nähere Informationen Abschnitt 3.3.1). Hierbei wird von einer Cave Automatic Virtual Environment (CAVE (Cruz-Neira et al., 1992)) gesprochen. Es handelt sich um einen Raum, den die Teilnehmenden betreten. In dem Raum werden die Teilnehmenden durch eine 360 Grad Leinwand komplett von der Außenwelt isoliert (kreisrunder Raum). Dadurch wird ein hohes Level an Immersion erzeugt. Ein Vorteil, beispielsweise gegenüber einem HMD, besteht darin, dass keine Apparatur getragen werden muss, um die VR herzustellen, sondern die Teilnehmenden in die VR eintreten. Die Helix-Arena ist ein neuartiges Tool, das VR-Training in einer 360-Grad-Umgebung ermöglicht. Erste Ergebnisse zeigen eine geringe, aber signifikante Korrelation zwischen der Leistung bei der Verfolgung mehrerer Objekte und der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit (Ehmann et al., 2021).

Die aktuelle Untersuchung basiert auf der Idee, Aufmerksamkeitsfunktionen mit einem speziellen Verfolgungstraining zu trainieren. Beim Verfolgungstraining wird ein Ziel mit fünf Distraktoren präsentiert. Die Aufgabe der Teilnehmenden ist es, das Zielobjekt

visuell zu verfolgen. Nach einer bestimmten Zeit müssen die Teilnehmenden das richtige Objekt markieren. Eine wichtige Fähigkeit beim Verfolgungstraining ist es, die Fovea auf das Zielobjekt zu richten. Dieser Prozess erfordert eine Vorhersage, um die inhärente neuronale Lücke zu kompensieren, die im visuellen Verarbeitungsstrom vorhanden ist (Barnes & Asselman, 1991). Es konnte gezeigt werden, dass die Durchführung des Verfolgungstrainings in einem Top-Down-Prozess erfolgt (Keller et al., 2009). Als Folge eines Schlaganfalls sind Läsionen des Parietal- und Frontallappens häufig zu erkennen, was zu Defiziten der Augenmotorik bei der Verfolgung von Objekten führen kann (Heide et al., 1996). Diese und weitere Hirnareale (z.B. Kleinhirn, mediale obere Schläfenareale) sind an der Verarbeitung, Vorhersage und Weiterleitung visueller Informationen beteiligt (Krauzlis, 2004). Es konnte gezeigt werden, dass die Funktionalität der Augenmotorik ein Marker für die kognitive und motorische Rehabilitation sein kann (Dong et al., 2013) und dass Verfolgungstraining zu einer Verbesserung bei Personen mit subkortikalen Läsionen führt (Baumann & Greenlee, 2009). Wenn das Ziel sich schnell bewegt, kann nur ein Ziel die Verfolgungs- und Aufmerksamkeitsressourcen erschöpfen (Holcombe & Chen, 2012). Darüber hinaus verbessert das Verfolgungstraining die Fähigkeit, Ablenkungen zu unterdrücken und sich auf hohe Geschwindigkeiten zu konzentrieren (Wu et al., 2013).

Das Verfolgungstraining unterliegt einer adaptiven Version, sodass die Schwierigkeit des Trainings durch die Geschwindigkeit der Reize beeinflusst wird. Die Geschwindigkeit der Reize hat einen Einfluss auf die Leistung der Teilnehmenden (Feria, 2013). Ein adaptives Training hat einige Vorteile. So konnte beispielsweise in einer Studie eine Verbesserung der Leistung nur mit Hilfe eines adaptiven Programms erzielt werden (Jaeggi et al., 2011). Zudem wird es ermöglicht, dass Teilnehmende mit verschiedenen Leistungsniveau teilnehmen können (Shipstead et al., 2012).

## 2.3 Ziele und Hypothesen

Zusammenfassend lassen sich als Ergebnis der Literaturübersicht die folgenden Schlüsse ziehen: Training für Personen nach Schlaganfall ist von elementarer Bedeutung, um eine bestmögliche Rehabilitation zu gewährleisten. Die Rehabilitation von Aufmerksamkeitsfunktionen ist sehr wichtig und kann durch viele Faktoren beeinflusst werden. In dieser Untersuchung werden vor allem die Einflüsse der Helix-Arena auf die visuell-räumliche Aufmerksamkeit beleuchtet. Die visuell-räumliche Aufmerksamkeit kann als Teil der selektiven Aufmerksamkeit bezeichnet werden.

Auch die elementare Rolle des Affekts und des emotionalen Zustandes wurde betrachtet. Der emotionale Zustand (Affekt) sollte nicht unterschätzt werden und sollte im Rehabilitationsprozess integriert werden.

Mit diesem Forschungsprojekt sollen vor allem die Auswirkungen eines Trainings in der Helix-Arena auf die Punkte Aufmerksamkeit und Affekt analysiert werden. Schaut man sich die Charakteristiken der Helix-Arena genauer an, scheint dies ein vielversprechendes Vorhaben zu sein. Mit Hilfe einer Kontrollgruppe, welche Training an einem PC absolviert, sollen die Effekte der Helix-Arena identifiziert werden. Für die Kontrollgruppe wurde ein PC-Training eingesetzt, da das Training in der neurologischen Rehabilitation meist am PC stattfindet. In Bezug auf den Affekt und die positiven Emotionen wird hier ein Vorteil der Helix-Arena gegenüber des PC-Trainings erwartet. Auch in Bezug auf die Aufmerksamkeitsfunktionen wird aufgrund des alltagsnäheren Designs der Helix-Arena und des Einsatzes des ganzen Körpers von einer Verbesserung ausgegangen.

### 2.3.1 Studie 1

Ziel der ersten Teilstudie ist es, anhand einer gesunden Stichprobe die Durchführbarkeit dieser Untersuchung zu testen. Hierbei liegt der Fokus auf dem Training in der Helix-Arena, dem generellen Versuchsablauf und der Betreuung der Teilnehmenden (Instruktionen, Sensoren, Test-Durchführung, Terminvergabe, usw.). Ebenso wird der Einfluss des Trainings in der Helix-Arena auf Aufmerksamkeit und Affekt untersucht. Hieraus ergeben sich folgende Hypothesen:

1. Training in der Helix-Arena hat im Vergleich zu einem Training am PC einen positiven Einfluss auf Aufmerksamkeitsfunktionen bei einer gesunden Stichprobe. Die Aufmerksamkeitsfunktionen werden durch Subtests der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP (Zimmermann & Fimm, 2021)) erfasst.
2. Training in der Helix-Arena hat im Vergleich zu einem Training am PC einen positiven Einfluss auf den allgemeinen Affekt bei einer gesunden Stichprobe. Der positive und der negative Affekt wird durch das Positive and Negative Affect Schedule (PANAS (Breyer & Bluemke, 2016)) erfasst.

### 2.3.2 Studie 2

Nach erfolgreicher Durchführung der ersten Teilstudie und der Optimierung der VR-Anwendung sollte der Ansatz an einer neurologischen Stichprobe getestet werden. Der Fokus liegt auf Personen nach Schlaganfall. Hierbei sollen erneut die Einflüsse

auf Aufmerksamkeit und Affekt untersucht werden. Zusätzlich gilt es Nebenfragen, wie beispielsweise Bewegungsmuster innerhalb der Helix-Arena, sowie das eigene Erleben, zu analysieren.

Hierbei ergeben sich folgende Hypothesen:

1. Training in der Helix-Arena hat im Vergleich zu einem Training am PC einen positiven Einfluss auf Aufmerksamkeitsfunktionen bei Personen nach Schlaganfall während der stationären neurologischen Rehabilitation. Die Aufmerksamkeitsfunktionen werden durch Subtests der TAP erfasst.
2. Training in der Helix-Arena hat im Vergleich zu einem Training am PC einen positiven Einfluss auf den allgemeinen Affekt bei Personen nach Schlaganfall während der stationären neurologischen Rehabilitation. Der positive und negative Affekt wird durch den PANAS erfasst.
3. Das Training in der Helix-Arena wird von Personen nach Schlaganfall als anregend und motivierend empfunden. Die Empfindungen werden durch einen Fragebogen erfasst.

### 3 MATERIAL UND METHODEN

#### 3.1 Stichprobe

Die Teilnehmenden beider Studien wurden hinreichend über den Ablauf und die Risiken der Studie informiert und unterschrieben eine Einverständniserklärung. Die Studien wurden von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg geprüft und befürwortet (Aktenzeichen: 2021-557).

##### 3.1.1 Studie 1 Rekrutierung und Einschlusskriterien

Für die erste Studie wurden Teilnehmende gesucht, welche noch nie einen Schlaganfall oder eine psychische Erkrankung erlitten hatten. Es sollte ungefähr die vulnerable Altersspanne (30-75 Jahre) für einen Schlaganfall abgedeckt werden. Die Rekrutierung erfolgte über Plakate, Website (zi-mannheim), Mails oder Mund- zu- Mund- Propaganda.

##### 3.1.2 Studie 2 Rekrutierung und Einschlusskriterien

Für die zweite Studie wurde in Kooperation mit den Kliniken Schmieder Heidelberg, einem Neurologischem Fach- und Rehabilitationskrankenhaus, eine Auswahl der Teilnehmenden getroffen. In Absprach mit einem leitenden Oberarzt wurden die entsprechenden Personen nach Schlaganfall ausgewählt. Einschlusskriterien waren:

- Erlittener Schlaganfall
- Stationärer Aufenthalt
- Adäquat orientiert
- Selbstständig mobil
- Angemessen fit und leistungsfähig

#### 3.2 Design

Es wurde ein experimentelles Kontrollgruppen-Design mit Prä-Messungen (T0) und Post-Messungen (T1) angewendet. Hierbei nahm die Experimentalgruppe (EG) an einem Verfolgungstraining in der 360-Grad Helix-Arena teil, wohingegen die Kontrollgruppe (KG) ein vergleichbares Training am PC absolvierte. Die Gruppenzuteilung der Teilnehmenden erfolgte zufällig. Der Studienablauf umfasste eine Prä-Messung zur Baseline-Erfassung der zu untersuchenden Parameter, gefolgt von vier Trainingssessions und abschließend einer Post-Messung. Jeder Teilnehmende absolvierte diese

Termine innerhalb von zwei Wochen. Durchgeführt wurde die Studie im TSG ResearchLab des Fußball-Bundesliga-Clubs TSG Hoffenheim in Zuzenhausen. Die erste Studie umfasste eine Durchführung mit gesunden Teilnehmenden, um die Durchführbarkeit des Ablaufs zu testen und zu optimieren. Die zweite Studie wurde mit Personen nach Schlaganfall durchgeführt. Diese Durchführung konnte durch eine Kooperation mit den Kliniken Schmieder Heidelberg gewährleistet werden.

### 3.3 Material

#### 3.3.1 Helix-Arena

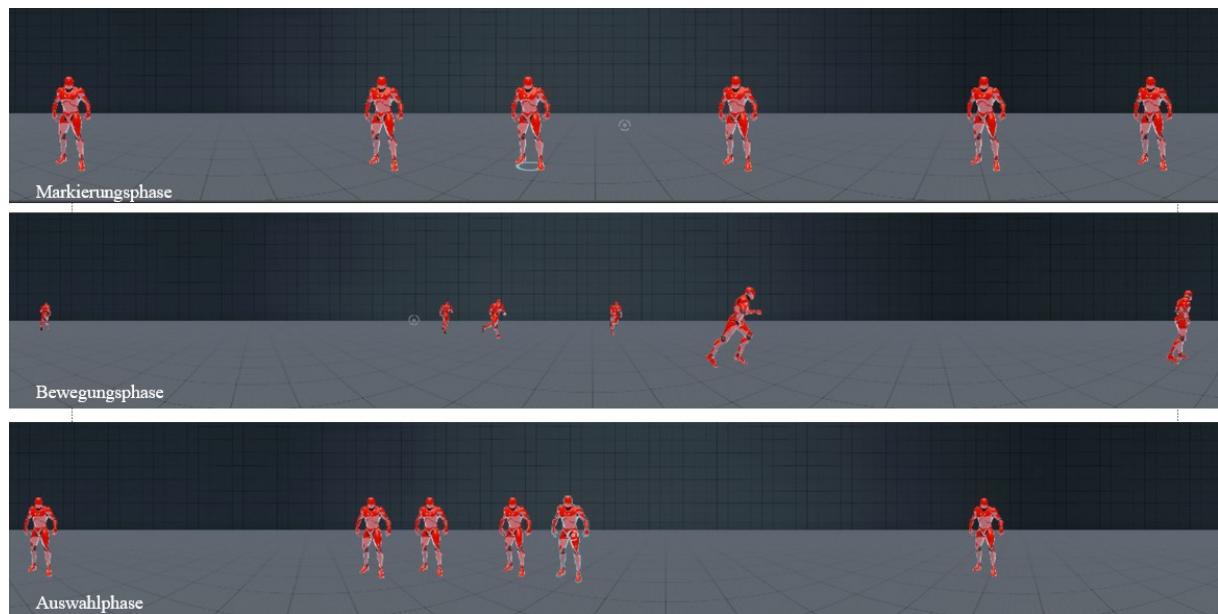
Die Helix-Arena (Anton Paar SportsTec GmbH, Austria) ist ein kreisrunder Raum mit einem Durchmesser von sechs Metern und einer Projektionshöhe von 2,44 Metern (Abbildung 1a). Sie ist ausgestattet mit fünf Projektoren (1920x1200, 6300 ANSI Lumen). Diese ermöglichen ein durchgängiges Bild (360-Grad). Mit Hilfe des Lighthouse Systems wird eine Interaktion durch Handcontroller gewährleistet (Abbildung 1b) (HTC Vive Controller, HTC, New Taipei City, Taiwan).



**Abbildung 1.** a. Helix-Arena; b. Handcontroller; c. Verfolgungstraining in der Helix-Arena

### 3.3.2 Verfolgungstraining in der Helix-Arena

Während des Verfolgungstrainings werden sechs rot gefärbte Avatare auf einem 360-Grad-Bildschirm präsentiert. Die virtuelle Umgebung basiert auf einem virtuellen kreisförmigen Raum (50 m Durchmesser) und wurde in einem neutralen Grau gestaltet. Die Avatare sehen aus wie Personen mit einer Körpergröße von 1,80 Metern (Abbildung 1c). Während die Teilnehmenden in einer kreisförmigen Zone von 1 Meter Durchmesser in der Mitte des Raumes stehen, durchlaufen sie mehrere Versuche. Jeder Versuch beginnt mit einer Präsentation der sechs Avatare. Die Startpositionen der Avatare sind in Bezug auf die Tiefenebene des virtuellen Raums standardisiert. Auf die Präsentation folgt eine Markierungsphase (Abbildung 2), in der einer der sechs Avatare durch einen blinkenden Kreis auf dem Boden unterhalb des jeweiligen Avatars für die Dauer von 5 Sekunden als der zu verfolgende Avatar markiert wird. Wenn der blinkende Kreis verschwindet, bewegen sich die Avatare durch die virtuelle 360-Grad-Umgebung (Bewegungsphase (Abbildung 2)). Die Teilnehmenden müssen den Zielavatar verfolgen. Die Avatare können von einer Tiefenposition von 4 Metern bis zu einer maximalen Tiefe von 53 Metern laufen. Nach 10 Sekunden kehren alle Avatare auf eine Tiefe von 4,4 Metern zurück, wo sie sich in der virtuellen 360-Grad-Umgebung verteilt aufstellen. Die Aufgabe für die Teilnehmenden besteht darin, den zuvor markierten Zielavatar auszuwählen (Auswahlphase (Abbildung 2)). Mit Hilfe des Controllers, welchen die Teilnehmenden in der Hand halten, drücken die Teilnehmenden einen Knopf, um sich für einen der Avatare zu entscheiden. Für diese Wahl gibt es keine zeitliche Beschränkung. Nach der Auswahlphase nehmen die Avatare eine neue Position ein und ein neuer Versuch beginnt.



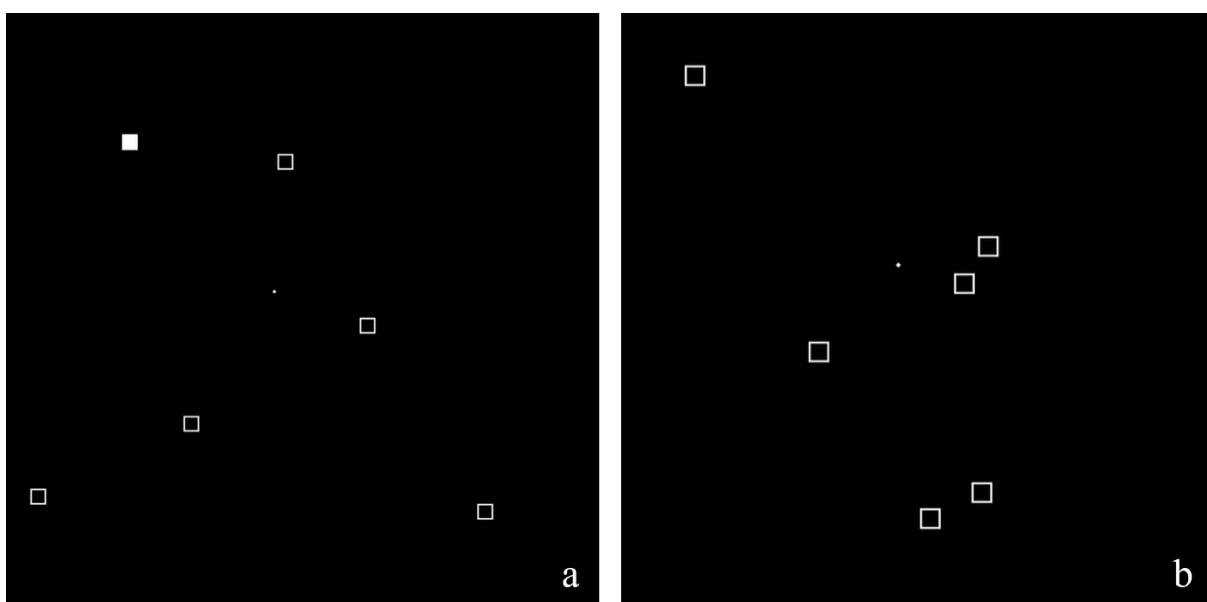
**Abbildung 2.** Phasen des Verfolgungstrainings in der Helix-Arena

In der Trainingsversion werden die Laufwege der Avatare für jede teilnehmende Person und jeden Versuch zufällig verteilt. Es handelt sich um eine adaptive Trainingsversion. Die Startgeschwindigkeit der Avatare beträgt 10 km/h. Nach einem korrekten Versuch kündigt ein auditives Feedback den Erfolg an ("nächste Stufe"). In der nächsten Stufe erhöht sich die Geschwindigkeit der Avatare um 1,5 km/h. War der Versuch nicht korrekt, gibt der Helix die Rückmeldung "Stufe runter". In diesem Fall verringert sich die Geschwindigkeit der Avatare um 1,5 km/h. Nach dem Training erhält die teilnehmende Person die Rückmeldung, wie viele Versuche er richtig absolviert hat (Prozentsatz der richtigen Durchgänge).

In der Diagnostik-Version sind die Zielavatare, die Laufwege und die Geschwindigkeit der Avatare für alle Teilnehmenden gleich. Jeder Versuch ist für jede teilnehmende Person gleich, um ein standardisiertes Verfahren zu gewährleisten. Die Diagnostik-Version besteht aus 30 Versuchen, die mit dem gleichen Geschwindigkeitsniveau beginnen wie die Avatare in der Trainingsversion (10 km/h). Nach drei Versuchen wird die Geschwindigkeit um 3 km/h erhöht, bis ein maximales Geschwindigkeitsniveau von 40 km/h erreicht ist. Die Dauer der Diagnostik-Version beträgt ca. 10 Minuten. Im Gegensatz zur Trainingsversion erhalten die Teilnehmenden nach keinem Versuch eine Rückmeldung. Nach Beendigung der Diagnostik-Version wird den Teilnehmenden die Anzahl der richtigen Versuche präsentiert. Bei einer perfekten Leistung mit 30 von 30 richtigen Versuchen wird ein Wert 100% mitgeteilt.

### 3.3.3 Verfolgungstraining am PC

Das Verfolgungstraining auf dem PC (17 Zoll Durchmesser) wurde mit MATLAB (MATLAB. (2021). Version 9.10.0 (R2021a). Natick, MA, USAs) entworfen und durchgeführt. In dieser Version werden den Teilnehmenden sechs weiß umrandete Quadrate auf schwarzem Hintergrund präsentiert. Jeder Versuch beginnt mit einer Markierungsphase (Abbildung 3a), in der ein Quadrat für 0,7 Sekunden komplett weiß wird. Sobald der ursprüngliche weiße Rahmen wieder erscheint, bewegen sich alle Quadrate mit einer Geschwindigkeit von 3 px/Bild über den Bildschirm (Abbildung 3b). Nach 5 Sekunden hören die Quadrate auf, sich zu bewegen und es wird ein zufälliges Quadrat angezeigt, das komplett weiß ist. Die teilnehmende Person wird gebeten, zu entscheiden, ob dieses weiße Quadrat mit dem anfangs gezeigten Zielquadrat identisch ist. Je nach Entscheidung muss ein Pfeilknopf auf der Tastatur entweder nach links ("Ja") oder nach rechts ("Nein") gedrückt werden. Ohne eine Rückmeldung zu erhalten, beginnen die Teilnehmenden einen neuen Versuch. Am Ende erhält der Versuchsleitende die Ergebnisse der Teilnehmenden. Dieses Training wurde von einem Multiple Object Tracking-PC-Training abgewandelt, das in mehreren Studien, auch mit einer neurologischen Stichprobe, verwendet wurde (Lesch et al., 2020; Merkel et al., 2017, 2020).



**Abbildung 3.** a. Markierungsphase; b. Bewegungsphase

### 3.3.4 Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)

Zur Überprüfung von Veränderungen der Aufmerksamkeit wurde eine Standard-Testbatterie eingesetzt. Die "Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung" (TAP, (Zimmermann & Fimm, 2021)) testet verschiedene Aufmerksamkeitsparameter und wird häufig in der neurologischen Rehabilitation eingesetzt (Zoccolotti et al., 2000). In verschiedenen Studien konnte festgestellt werden, dass die TAP Trainingseffekte von Personen nach Schlaganfall objektiveren kann (Sturm et al., 2003; Sturm et al., 2004). Das Instrument wurde verwendet, um das Niveau der Aufmerksamkeitsleistung der Teilnehmenden und die trainingsbedingte Veränderung zu beschreiben. Dieses Instrument ist für die Arbeit mit Personen nach Schlaganfall in der neurologischen Rehabilitation gut geeignet.

Es wurden die folgenden vier Untertests verwendet:

- Alertness: Alertness ist die Voraussetzung für adäquate Handlungen und damit die Basis für jede Aufmerksamkeitsleistung. In diesem Test werden die Teilnehmenden aufgefordert, so schnell wie möglich auf ein Kreuz zu reagieren, das ihnen auf dem Bildschirm präsentiert wird. Ziel ist die Messung der Fähigkeit, die Reaktionszeit - in Erwartung eines Reizes - so lange wie möglich aufrechtzuerhalten. Es wurden zwei Versionen verwendet, eine ohne Ton und eine mit Ton, der das Kreuz ankündigt. Es wurden jeweils die Geschwindigkeiten der Reaktionen für beide Versionen erfasst (ohne Ton und mit Ton). Als weitere Variable wurden die antizipierten Reaktionen in der Unterkategorie mit Ton gezählt.
- Geteilte Aufmerksamkeit: Im Alltag wird die Fähigkeit benötigt, sich auf mehrere Dinge gleichzeitig zu konzentrieren. Beim Test der geteilten Aufmerksamkeit werden den Teilnehmenden zwei Reize gleichzeitig präsentiert, einer visuell, der andere auditiv. Bei dieser Doppelaufgabe müssen also zwei Reize gleichzeitig wahrgenommen werden und es muss darauf reagiert werden. Es wurden jeweils die Geschwindigkeiten der Reaktionen auf beide Reize (auditiv und visuell) erfasst. Als weitere Variable wurden die Ausreißer für jede Unterkategorie (auditiv und visuell) und die Fehler in beiden Kategorien berechnet.
- Aufmerksamkeitsverschiebung: Die Aufgabe 'Aufmerksamkeitsverschiebung' testet die Fähigkeit, die visuelle Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Reiz zu richten, ohne die Blickrichtung zu ändern. Diese Verschiebung kann endogen erfolgen, d. h. freiwillig auf einen erwarteten Reiz im Raum. Bei diesem Test

wird der teilnehmenden Person ein zentraler Hinweisreiz in Form eines Pfeils gezeigt, der entweder nach rechts oder nach links zeigt. Dieser soll die mutmaßliche Seite des folgenden Reizes anzeigen. Es wird also die endogene Aufmerksamkeitsverschiebung getestet. Im Falle des ungültigen Cue-Reizes liegt der Fokus zunächst auf der angegebenen Seite, und nachdem der Zielreiz auf der anderen Seite gezeigt wird, erfolgt eine Verschiebung auf die Seite des erscheinenden Zielreizes. Es werden zwei Werte angegeben: die Geschwindigkeit der Reaktion, wenn der Hinweisreiz gültig war, und die Geschwindigkeit der Reaktion, wenn der Reiz ungültig war. Als weitere Variable wurden die antizipierten Reaktionen in beiden Kategorien gezählt.

- Visuelles Scanning: Die Orientierung und Erkundung des Raumes sind elementar für eine sichere Bewegung im Raum. Bei der visuellen Scanning-Aufgabe müssen die Teilnehmenden eine 5x5-Matrix nach einem kritischen Stimulus absuchen. Ziel ist es, festzustellen, ob der kritische Stimulus vorhanden ist oder nicht. Dies wird mit der entsprechenden Taste für "enthalten" und "nicht enthalten" beantwortet. Es werden zwei Werte angegeben: die Geschwindigkeit der Antwort, wenn der Reiz enthalten war (kritisch) und die Geschwindigkeit der Antwort, wenn der Reiz nicht enthalten war (nicht kritisch). Als weitere Variablen wurden die Ausreißer für den kritischen Wert und die Fehler für den nicht-kritischen Wert gezählt.

### 3.3.5 Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)

Zur Messung positiver und negativer affektiver Zustände wird der "Positive and Negative Affect Schedule" (PANAS (Breyer & Bluemke, 2016)) eingesetzt. Der Fragebogen enthält insgesamt 20 Adjektive, mit denen verschiedene Gefühle und Empfindungen der Teilnehmenden abgefragt werden. Zehn Wörter sind mit einem positiven und zehn mit einem negativen affektiven Zustand konnotiert. Die Reliabilität des PANAS kann mit einem Cronbachs  $\alpha = 0,86$  und einem Raykovs  $\rho = 0,93$  für beide Skalen als sehr hoch bezeichnet werden (Breyer & Bluemke, 2016). Eine gute Validität ist ebenso gegeben.

### 3.3.6 Sensoren

Mit Hilfe von Bewegungssensoren sollte versucht werden zu entschlüsseln, welche Bewegungen während der Durchführung der Diagnostik-Version der Helix-Arena durchgeführt werden. Der Fokus lag hierbei auf der Analyse bestimmter Bewegungsmuster und möglichen Unterschieden zwischen den Gruppen.

#### 3.3.6.1 Studie 1

Für die erste Studie wurden Meta motion lite Sensoren verwendet (Beange et al., 2018). Es wurden insgesamt drei Sensoren am Kopf, an den Schultern und am Rumpf platziert. Der Sensor am Kopf wurde mit einem speziell angefertigten Kopfband befestigt (Abbildung 4) und in der Mitte der Stirn auf Höhe des präfrontalen Kortex positioniert. Der Schultersensor wurde auf dem Brustbein und der Rumpfsensor auf dem L4-Wirbel der Wirbelsäule positioniert, beide wurden mit doppelseitigem Klebeband befestigt.

#### 3.3.6.2 Studie 2

Für die zweite Studie wurde sich, aufgrund von fehlerhaften Daten und Messfehlern, dazu entschieden, ein anderes Sensorensystem zu verwenden. Es wurden die Awinda Tracker (Paulich et al., 2018) ausgewählt. Aufgrund der Erfahrungen aus der ersten Studie wurden für die zweite Studie lediglich Sensoren an Kopf und Brust angebracht. Die Anbringungsmethode war genauso wie in der ersten Studie.

Es wurden zwei Sensoren mit den IDs 00B4A890 (Kopf) und 00B4A7CC (Brust) verwendet. Die folgenden Systemeinstellungen für die Sensoren wurden verwendet:

MT Manager version: 2019.1.1, XDA version: 2019.1.1 build 3010 rev 85319 built on 2019-03-01, ProductCode: MTW2-3A7G6, Firmware Version: 4.6.0, Hardware Version: 2.0.0, Filter Profile: human(46.1) und folgenden Parametrisierungen: Orientation Smoother Disabled, AHS Disabled, ICC Disabled und Coordinate system.



**Abbildung 4.** Darstellung der Anbringung des Sensors am Kopf

### 3.3.7 Feedback Fragebogen

Für weiterführende Informationen über Studiendesign und Ablauf, wurde ein Feedback-Fragebogen über die Online-Plattform Microsoft Forms (Version 2022) bereitgestellt. Dieser wurde nach Beendigung des kompletten Studienablaufs ausgefüllt.

#### 3.3.7.1 Studie 1

Der Feedback Fragebogen der ersten Studie umfasste sechs Fragen zur Zufriedenheit. Alle wurden auf einer 5-stufigen Likert Skala von „Auf gar keinen Fall“ bis „Auf jeden Fall“ beantwortet. Zudem konnten Anmerkungen mitgeteilt werden (Fragebogen siehe Anhang).

#### 3.3.7.2 Studie 2

In der zweiten Studie beinhaltete der Feedback Fragebogen ebenfalls sechs Fragen zur Zufriedenheit und weitere Anmerkungen konnten genannt werden. Zusätzlich wur-

den drei Fragen zu Trainingseinheiten während der Rehabilitation gestellt. Diese wurden ebenfalls auf einer 5-stufigen Likert Skala beantwortet von "leichter" bis „schwieriger“.

Zudem gab es drei offene Fragen. Hier sollte der „Grad der Einschränkung“, „Die Art der Therapien“ und „Die Art der PC-Trainings“ während der Studie beschrieben werden (siehe Fragebogen im Anhang).

### 3.4 Studienablauf

Die Anfahrt zu den Prä- und Post-Messungen sowie zu den Trainingseinheiten erfolgte von den Teilnehmenden der ersten Studie privat und auf eigene Kosten. Die Personen nach Schlaganfall der zweiten Studie wurden von einem Taxi an der Klinik abgeholt und dann vor dem TSG ResearchLab von der Studienleitung in Empfang genommen. Nach Beendigung der Messung/des Trainings wurden die Personen nach Schlaganfall wieder mit dem Taxi zurück in die Klinik gebracht. Die Prä- und Post-Messungen dauerten jeweils 45-60 Minuten, wohingegen die Trainingseinheiten innerhalb von 10-20 Minuten abgeschlossen werden konnten.

#### 3.4.1 Prä- und Post-Messung

Die Prä- und Post-Messungen hatten folgenden Ablauf:

Die Teilnehmenden wurden aufgeklärt, der Versuchsablauf wurde detailliert erklärt und offene Fragen beantwortet. Die Einverständniserklärung wurde unterschrieben. Anschließend konnte mit den Untertests der TAP begonnen werden. In einem weiteren Schritt wurden Fragen zum affektiven Zustand (PANAS) und zur Motivation (ein Item "Wie motiviert sind Sie heute", beantwortet mit einer 5-Punkte-Likert-Skala von "gar nicht" bis "extrem") beantwortet. Bevor die Diagnostik-Version in der Helix-Arena absolviert werden konnte, wurden den Teilnehmenden und den Personen nach Schlaganfall die oben beschriebenen Sensoren angebracht. Danach begann die Diagnostik-Version des Verfolgungstrainings in der Helix-Arena. Um den allgemeinen affektiven Zustand vor und nach dem Training in der Helix-Arena zu vergleichen, wurde der PANAS nach Beendigung der Testung in der Helix-Arena erneut ausgefüllt.

Der Ablauf der Prä- und Post-Messung war identisch. Unterschiede zeigten sich lediglich bei der Beantwortung von Fragebögen. Bei der Prä-Messung wurden demographische Variablen abgefragt. Für Personen nach Schlaganfall in der zweiten Studie wurde zusätzlich der allgemeine Gesundheitszustand erhoben. Bei der Post-Messung galt es

einen Feedback-Fragebogen zu beantworten. Dieser beinhaltete unterschiedliche Fragen für die jeweilige Studie. Alle Fragebögen wurden über die Online-Plattform Microsoft Forms (Version 2022) auf dem PC beantwortet (siehe Anhang).

### 3.4.2 Trainingssitzungen

Während der vier Trainingseinheiten erhielt die Experimentalgruppe das Verfolgungs-training in der Helix-Arena, die Kontrollgruppe erhielt eine parallele computerisierte Version des Verfolgungstrainings. Die Trainingseinheiten begannen und endeten ebenfalls mit der Beantwortung des PANAS, gefolgt von zwei Trainingsrunden mit einer Dauer von 5 Minuten und einer Pause von ca. 1-2 Minuten dazwischen.

## 3.5 Datenanalyse

### 3.5.1 Aufbereitung der Daten

In der vorliegenden Studie wurde ein Design mit 2 Messungen (prä vs. post) x 2 Bedingungen (Kontrollgruppe vs. Experimentalgruppe) verwendet. Die Messung war der Gruppenfaktor, während die Bedingung als Zwischengruppenfaktor diente. Zur Überprüfung der Hypothesen wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit wiederholten Messungen für jede abhängige Variable durchgeführt. Die abhängigen Variablen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Darüber hinaus wurde das Alter als Kovariate für weitere Berechnungen in einer separaten ANCOVA miteinbezogen, da davon ausgegangen werden kann, dass das Alter bei den untersuchten Parametern eine große Rolle spielt. Diese ANCOVA wurde nicht für alle Parameter der TAP-Subtests (antizipierte Reaktionen, Ausreißer, Fehler) berechnet. Die Voraussetzungen für die Anwendung der ANOVA mit wiederholten Messungen wurden überprüft. Die Normalverteilungsannahme konnte bei beiden Studien nicht für alle Kategorien bestätigt werden (Kolmogorov-Smirnov-Test). Da Varianzhomogenität (Levene-Test) und Sphärizität (nicht mehr als zwei Messungen) gegeben waren, konnte dieser Verstoß vernachlässigt werden (Berkovits et al., 2000). Zur Prüfung auf Baseline-Unterschiede wurde eine univariate ANOVA mit den Ergebnissen der Prä-Messung berechnet. Für keinen der Parameter war der Gruppenunterschied statistisch signifikant ( $p >=.11$ ; gilt für beide Studien).

#### 3.5.1.1 Diagnostik-Version Helix-Arena

Für die Ergebnisse in der Diagnostik-Version des Verfolgungstrainings in der Helix-Arena wurde die Anzahl der richtigen Versuche herangezogen. Hier betrug der Maximalwert 30. Die ANOVAs, ANCOVAs und t-Tests wurden mit den Mittelwerten von T0

und T1 durchgeführt. Darüber hinaus wurde die Reaktionszeit pro Versuch über alle Teilnehmenden gemittelt und zwischen T0 und T1 verglichen.

### 3.5.1.2 TAP

Für die Untertests der TAP wurde der Mittelwert der Reaktionszeit zu T0 und T1 verwendet. So wurden Alertness (ohne Ton, mit Ton), geteilte Aufmerksamkeit (auditiv, visuell), Aufmerksamkeitsverschiebung (valider Hinweisreiz, invalider Hinweisreiz) und visuelles Scanning (kritisch, nicht kritisch) getestet. Für die anderen Parameter der einzelnen TAP-Subtests wurden die Mittelwerte der Anzahl der antizipierten Reaktionen, Fehler oder Ausreißer genommen.

### 3.5.1.3 PANAS

Für den PANAS wurde ein Mittelwert aller Ergebnisse aus den Befragungen während der Trainingseinheiten berechnet. Daher wurden zwei Werte für die Messung vor und nach dem Training berechnet (M0 und M1). Außerdem wurde der PANAS in eine positive und eine negative Skala aufgeteilt. Dadurch ist es möglich, die Auswirkungen in Bezug auf den positiven und negativen Affekt genauer zu untersuchen.

### 3.5.1.4 Sensoren

Alle Analysen wurden mit einem MacBook Pro 16“ 2019 2,4 GHz 8-Core Intel Core i9, 32 GB 2667 MHz DDR4, macOS Sonoma 14.6.1 durchgeführt.

Für Analyse und Feature Extraction der Sensordaten wurde Python 3.12.1 | packaged by Anaconda mit den Paketen pandas, date.time, os, sys, numpy, scipy.signal, scipy.stats, seaborn und matplotlib.pyplot verwendet.

Für die statistische Analyse in R wurde die R-Version 4.3.0 (2023-04-21) in RStudio Version 2024.04.2+764 (2024.04.2+764) mit den Paketen tidyverse, readxl, data.table, REdaS, ggpahr, broom, emmeans, rstatix, verwendet.

Zur Stratifizierung/Gruppierung des Datensatzes wurden Interventionsgruppe, Interventionszeitpunkt, Trial Index, teilnehmende Person und Schlaganfalllokalisierung verwendet.

Die Zeitstempel für die Trials wurden durch Auswertung von Videoaufnahmen mittels Stoppuhr bestimmt und in eine Tabelle übertragen.

Aus den Sensordaten wurden sowohl jene für die Ausrichtung (Yaw) als auch die für den Zeitstempel (PacketCounter) verwendet. Der PacketCounter wurde mittels der Sampling Rate (100 ms) in einen Zeitstempel in ms umgewandelt. Mittels des Zeit-

stempels der Sensordaten und des Zeitstempels der Trialdaten wurden die Trial Indizes auf die Sensordaten abgebildet. Datensätze/Teilnehmende mit fehlerhaften Trialdaten wurden verworfen.

Die Feature Extraction von Winkelgeschwindigkeit (Speed), Winkelbeschleunigung (Acceleration) und Winkelruck (Ruck) zur Bestimmung der Bewegungsereignisse beim Kopfsensor (Physikalische Bewegungsparameter) erfolgte wie folgt:

Aus den Rohdaten der Ausrichtung (Yaw) wurde mittels Glättung durch einen gleitenden Durchschnitt (n=3), effektiv einem Tiefpassfilter, Mikrobewegungen und Störsignale aus den Daten entfernt. Die jeweiligen Ableitungen des Ortes wurden durch die Differenz der Werte der Stammfunktion gebildet.

Der Lag (Phasendifferenz von Kopf zu Brust) wurde für die physikalischen Bewegungsparameter als Differenz der Werte von Kopf zu Brust bestimmt. Die Operationalisierung soll als Proxy einer möglichen Versteifung der Körperachse durch einen gearteten lateralisierten links- oder rechtshemisphärischen Schlaganfall dienen.

Die Bewegungsrichtungsereignisse wurden durch Aufsummieren der positiven oder negativen Geschwindigkeitswerte je Einheit erreicht (Interventionsgruppe, Interventionsstatus, teilnehmende Person, Trial Index). Das Vorzeichen der Geschwindigkeit sagt einen Wechsel der Bewegungsrichtung aus. Aus der Gesamthäufigkeit der Bewegungsrichtungsereignisse wurde mittels Verhältnis zu beiden Richtungen (Bsp.: nLinks/ nLinks+Rechts) die jeweilige Richtungsdominanz berechnet.

Für jeden der physikalischen Bewegungsparameter wurden für jeden der Stratifizierungsparameter durch Bestimmung des Mittelwertes Aggregate gebildet.

Zur Ermittlung eines Effektes der Intervention zwischen den Interventionszeitpunkten und innerhalb der Teilnehmenden wurde eine ANCOVA sowie paarweise Vergleiche durchgeführt.

Eine zwei faktorielle Kovarianzanalyse mit den abhängigen Variablen wurde gerechnet. Es wurden die jeweiligen Mittelwerte der physikalischen Bewegungsparameter nach der Intervention verwendet. Als Kovariate wurde der physikalische Bewegungsparameter zum Zeitpunkt vor der Intervention gewählt. Als feste Faktoren wurden Interventionszeitpunkt und Interventionsgruppe gewählt. Vor der ANCOVA wurden die Bedingungen zur Homogenität der Regressionssteigungen, der Normalverteilung der Residuen und der Homogenität der Varianzen (nach Levene) durchgeführt. Im Anschluss der ANCOVA wurde ein Post-Hoc Test mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt.

### 3.5.1.5 Feedback Fragebogen

Es wurde der Feedback Fragebogen der zweiten Studie für die Ergebnisse hinzugezogen. Der Fokus lag dabei auf den drei Fragen zur Leistungsförderung der Helix-Arena:

„Ich glaube, die Trainingseinheit hilft mir meine Wahrnehmung im Alltag zu verbessern“ (Frage 1); „Die Trainingseinheit motiviert mich, meine beste Leistung zu zeigen“ (Frage 2); „Würden Sie weitere Trainingseinheiten in der Helix durchführen wollen“ (Frage 3) Dabei wurden für die Antworten der 5-stufigen Likert-Skala die Mittelwerte genommen. Aufgrund der Charakteristiken der Daten wurde der Mann Whitney U-Test zur Analyse der Ergebnisse verwendet.

Die Antworten der offenen Fragen wurden mittels einer qualitativen Beschreibung analysiert.

### 3.5.1.6 Analysesoftware und Statistiken

Alle Berechnungen exklusive der Berechnungen der Sensorendaten wurden mit der Statistik- und Analysesoftware SPSS (Version 28.0.1.0, IBM Corporation, Chicago, IL, USA) durchgeführt. Sie umfassten ANOVAs, ANCOVAs, t-Tests für abhängige Stichproben und t-Tests für unabhängige Stichproben (einseitig) sowie lineare Regression. Für die Angabe eines signifikanten Ergebnisses wurde ein *p*-Wert von *p* <,05 angenommen. Eine Auflistung der ursprünglichen Freiheitsgrade ist angegeben. Außerdem wird als Maß für die Effektgröße das partielle Eta-Quadrat ( $\eta^2$ ) für die berechneten ANOVAs angegeben. Die Diagramme enthalten den Standardfehler des Mittelwerts.

**Tabelle 1.** Abhängige Variablen Hypothesentestung

<b>Hauptvariable</b>	<b>Subtest</b>	<b>Unterkategorie</b>	<b>Unterkategorie</b>	<b>Unterkategorie</b>	<b>Unterkategorie</b>	<b>Unterkategorie</b>
<b>Helix</b>		Helix-Score	Reaktionszeit			
<b>TAP</b>	Alertness	ohne Ton	mit Ton	antizipierte Reaktionen		
	geteilte Aufmerksamkeit	auditiv	visuell	Ausreißer (auditiv)	Ausreißer (visuell)	Fehler
	Aufmerksamkeitsverschiebung	valider Hinweisreiz	invalider Hinweisreiz	antizipierte Reaktionen		
	visuelles Scanning	kritisch	nicht kritisch	Ausreißer (kritisch)		Fehler (nicht kritisch)
<b>PANAS</b>		positiv	negativ			

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Studie 1

#### 4.1.1 Stichprobe

Die Zusammensetzung der Stichprobe der ersten Studie ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Gesamtstichprobe der Studie umfasste 34 Teilnehmende, davon 19 in der Experimentalgruppe und 15 in der Kontrollgruppe. Davon waren in der EG 9 Frauen und 10 Männer mit einem Durchschnittsalter von 49.47 Jahren ( $SD: 15.97$ ). In der KG waren es 7 Frauen und 8 Männer mit einem Durchschnittsalter von 44.87 ( $SD: 15.89$ ). Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf Alter oder Geschlecht (Tabelle 1). Es wurden nur Teilnehmende aufgenommen, die keine größeren gesundheitlichen Probleme hatten. Sowohl für den Helix-Score (T1) als auch für den visuellen Scanning-Subtest der TAP (T0) musste ein Teilnehmender wegen Kopfschmerzen ausgeschlossen werden ( $n = 33$ ). Alle Teilnehmenden unterschrieben eine Einverständniserklärung.

**Tabelle 2.** Zusammensetzung der Stichprobe (Studie 1)

Variable	EG N=19	KG N=15	Gesamt N=34	t-Test/x <sup>2</sup> -Test
Alter	M (SD) 49.47 (15.97)	44.87 (15.89)	47.44 (15.86)	$t(32) = -.84; p = .41$
	Min 27	24	24	
	Max 73	71	73	
Geschlecht	weiblich (N) 9	7	16	$\chi^2(1) < .01; p = .97$
	männlich (N) 10	8	18	

Anmerkung: M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, N = Personenanzahl, EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe

#### 4.1.2 Diagnostik-Version Verfolgungstraining Helix-Arena

##### 4.1.2.1 Helix Score

Die ANOVA mit wiederholten Messungen für die Diagnostik-Version des Verfolgungs-trainings ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit für den Helix Score ( $F(1, 31) = 1.11, p = .30, \eta^2 = .04$ ; Tabelle 3). Es konnte kein signifikanter Haupteffekt von Zeit ( $F(1, 31) = 2.20, p = .15, \eta^2 = .07$ ) und Gruppe ( $F(1, 31) = 0.80, p = .43, \eta^2 = .03$ ) gefunden werden.

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab einen signifikanten Interaktionseffekt der Zeit mit der Kovariate Alter ( $F(1, 30) = 4.29, p = .05, \eta^2 = .13$ ). Außerdem gab es einen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 30) = 12.17, p < .01, \eta^2 = .30$ ). Auf dieser Grundlage wurde eine lineare Regression berechnet, um den Einfluss des Alters auf die abhängige Variable (Helix Score (T0 und T1)) zu untersuchen. Zu T0 erwies sich das Alter als signifikanter Prädiktor ( $\beta = -.02, t(32) = -2.55, p = .02$ ). Das Alter erklärte einen signifikanten Anteil der Varianz zu T0 ( $R^2 = .17, F(1,32) = 6.49, p = .02$ ), je älter die Teilnehmenden, desto schlechter der Helix-Score. Zu T1 wurde kein signifikanter Effekt mehr beobachtet ( $\beta < -.01, t(31) = -.39, p = .70; R^2 = .07, F(1,31) = 0.15, p = .70$ ).

##### 4.1.2.2 Reaktionszeit Diagnostik-Version Helix-Arena

Die ANOVA mit wiederholten Messungen, für die mittlere Reaktionszeit in der Helix-Arena, ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 31) = 2.29, p = .14, \eta^2 = .07$ ; Tabelle 3). Außerdem wurde kein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 31) = 3.05, p = .09, \eta^2 = .09$ ) oder der Gruppe ( $F(1, 31) = 0.01, p = .92, \eta^2 < .01$ ) beobachtet.

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt der Zeit mit Alter ( $F(1, 30) = 0.02, p = .89, \eta^2 < .01$ ). Es gab jedoch einen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 30) = 12.93, p < .01, \eta^2 = .30$ ). Die lineare Regression ergab das Alter als signifikanten Prädiktor sowohl bei T0 ( $\beta = .01, t(31) = 3.34, p < .01; R^2 = .52, F(1,31) = 11.16, p < .01$ ) als auch bei T1 ( $\beta = .01, t(31) = 2.57, p = .02; R^2 = .42, F(1,31) = 6.61, p = .02$ ). Je älter die Teilnehmenden waren, desto größer war die Reaktionszeit in der Helix-Arena.

**Tabelle 3.** Deskriptive Statistiken des Helix-Scores und der Reaktionszeit (sec) während der Diagnostik-Version des Verfolgungstrainings. Aufgeteilt nach Gruppen (Studie 1)

Variable	EG N=19		KG N=14		
		M	SD	M	SD
<b>Helix-Score</b>	T0	29.53	.77	29.57	.76
	T1	29.95	.23	29.64	.63
<b>Helix(rz)</b>	T0	2.21	.51	2.11	.09
	T1t	1.96	.48	2.09	.44

Anmerkung: M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, rz= Reaktionszeit, N = Personenanzahl, T0 = Prä-Messung, T1 = Post-Messung, EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe

#### 4.1.3 TAP

Es wurden für alle Subtests der TAP separate Analysen vorgenommen.

##### 4.1.3.1 Alertness

Für den Subtest ‚Alertness‘ mit den Unterkategorien mit und ohne Ton konnte bei der ANOVA mit wiederholten Messungen kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden werden (Tabelle 4). Weder ein signifikanter Haupteffekt der Zeit (mit Ton:  $F(1, 32) = 1.51, p = .23, \eta^2 = .05$ ; ohne Ton:  $F(1, 32) = 0.01, p = .94, \eta^2 < .01$ ) noch der Gruppe (mit Ton:  $F(1, 32) = 0.39, p = .54, \eta^2 = .01$ ; ohne Ton:  $F(1, 32) = 0.35, p = .56, \eta^2 = .01$ ) konnte gefunden werden.

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Zeit und Alter (mit Ton:  $F(1, 31) = 0.10, p = .75, \eta^2 < .01$ ; ohne Ton:  $F(1, 31) = 1.45, p = .24, \eta^2 = .05$ ). Allerdings konnte ein signifikanter Haupteffekt des Alters gefunden werden (mit Ton:  $F(1, 31) = 7.61, p = .01, \eta^2 = .20$ ; ohne Ton:  $F(1, 31) = 15.91, p < .01, \eta^2 = .34$ ). Die lineare Regression zeigte signifikante Ergebnisse für das Alter als Prädiktor zu T0 (mit Ton:  $\beta = 1.7, t(32) = 2.73, p = .01; R^2 = .43, F(1,32) = 7.44, p = .01$ ; ohne Ton:  $\beta = 2.39, t(32) = 4.62, p < .01; R^2 = .63, F(1,32) = 21.3, p < .01$ ) und zu T1 (mit Ton:  $\beta = 1.49, t(32) = 2.52, p = .02; R^2 = .40, F(1,32) = 6.37, p = .02$ ; ohne Ton:  $\beta = 1.68, t(32) = 2.81, p = .01; R^2 = .45, F(1,32) = 7.89, p = .01$ ). Je älter die Teilnehmenden waren, desto größer war die Reaktionszeit.

Die ANOVA für den Parameter antizipierte Reaktionen in der Unterkategorie mit Ton ergab einen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 32) = 5.46, p = .03, \eta^2 = .15$ ). Zu T0 wurden in der EG signifikant mehr antizipierte Reaktionen gefunden als in der KG ( $t(32) = -2.99, p < .01$  (KG:  $M = 0, SD = 0$ ; EG:  $M = .47, SD = .61$ )).

Zu T1 konnte dieser Unterschied nicht mehr festgestellt werden ( $t(32) = .07, p = .47$  (KG:  $M = .33, SD = .62$ ; EG:  $M = .32, SD = .75$ ). Bei der KG wurde ein signifikanter Rückgang von T0 zu T1 festgestellt ( $t(14) = -2.09, p = .03$ ). In der EG wurde keine signifikante Veränderung festgestellt ( $t(18) = 1.14, p = .13$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt von Zeit ( $F(1, 32) = 0.70, p = .41, \eta^2 = .02$ ) und Gruppe ( $F(1, 32) = 1.72, p = .20, \eta^2 = .05$ ). Für den Fehler-Parameter in der Unterkategorie ohne Ton wurden keine Berechnungen vorgenommen, da keine Fehler gemacht wurden.

#### 4.1.3.2 Geteilte Aufmerksamkeit

Des Weiteren wurde der Subtest „Geteilte Aufmerksamkeit“ mit den Unterkategorien auditiv und visuell eingesetzt. Es wurde bei der ANOVA mit wiederholten Messungen kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden, weder für auditiv noch für visuell (Tabelle 4).

Für die auditive Unterkategorie konnte weder ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 32) = 2.13, p = .15, \eta^2 = .06$ ) noch der Gruppe ( $F(1, 32) = 1.85, p = .18, \eta^2 = .06$ ) gefunden werden.

Ein signifikanter Interaktionseffekt der Zeit mit der Kovariate Alter konnte nicht gefunden werden ( $F(1, 31) < 0.01, p = .93, \eta^2 < .01$ ). Dennoch gab es einen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 31) = 8.18, p < .01, \eta^2 = .21$ ). Die lineare Regression ergab das Alter als signifikanten Prädiktor zu T0 ( $\beta = 2.3, t(32) = 2.69, p = .01; R^2 = .43, F(1,32) = 7.23, p = .01$ ) und T1 ( $\beta = 2.20, t(32) = 2.98, p < .01; R^2 = .47, F(1,32) = 8.89, p < .01$ ). Je älter die Teilnehmenden waren, desto größer war die Reaktionszeit.

Die ANOVA für die auditive Unterkategorie in Bezug auf den Ausreißer-Parameter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1,32) = 2.17, p = .15, \eta^2 = .06$ ). Darüber hinaus wurde kein signifikanter Haupteffekt von Zeit ( $F(1,32) = 0.23, p = .63, \eta^2 < .01$ ) und Gruppe gefunden ( $F(1,32) = 1.17, p = .29, \eta^2 = .04$ ).

In der visuellen Unterkategorie konnte ebenfalls kein signifikanter Haupteffekt von Zeit ( $F(1, 32) = 3.48, p = .07, \eta^2 = .10$ ) und Gruppe ( $F(1, 32) = 0.90, p = .35, \eta^2 = .03$ ) gefunden werden.

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab einen signifikanten Interaktionseffekt von Alter und Zeit ( $F(1, 31) = 7.99, p = .01, \eta^2 = .21$ ). Zusätzlich gab es einen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 31) = 46.67, p < .01, \eta^2 = .60$ ). Die weiteren Berechnungen für den signifikanten Interaktionseffekt mit Alter sowie den signifikanten Haupteffekt des Alters zeigten, dass es sowohl zu T0 ( $\beta = 3.91, t(32) = 4.84, p < .01; R^2 = .65, F(1,32) = 23.45, p < .01$ ) als auch zu T1 ( $\beta = 5.85, t(32) = 8.15, p < .01; R^2 = .82, F(1,32) = 66.85, p < .01$ ) signifikante Unterschiede bestanden.

$F(1,32) = 66.45, p < .01$ ) signifikante lineare Regressionen gab. Das heißt, je älter die Teilnehmenden, desto größer die Reaktionszeit in der visuellen Unterkategorie.

Die ANOVA für die visuelle Unterkategorie in Bezug auf den Ausreißer-Parameter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1,32) = 1.04, p = .32, \eta^2 = .03$ ). Darüber hinaus wurde kein signifikanter Haupteffekt von Zeit ( $F(1,32) < 0.01, p = .98, \eta^2 < .01$ ) und Gruppe gefunden ( $F(1,32) = 2.36, p = .13, \eta^2 = .07$ ).

Für die beiden Unterkategorien auditiv und visuell konnten in der ANOVA mit dem gemeinsamen Parameter-Fehler keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Es konnte kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden werden ( $F(1, 32) = 0.31, p = .58, \eta^2 = .01$ ). Es wurde kein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 32) = 0.31, p = .58, \eta^2 = .01$ ), und kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 32) = 0.82, p = .37, \eta^2 = .03$ ) gefunden.

#### 4.1.3.3 Aufmerksamkeitsverschiebung

Für den Subtest ‚Aufmerksamkeitsverschiebung‘ wurden die Unterkategorien valider Hinweisreiz und invalider Hinweisreiz analysiert.

Für die Unterkategorie valider Hinweisreiz konnte bei der ANOVA mit wiederholten Messungen kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden werden (Tabelle 4).

Für die Unterkategorie invalider Hinweisreiz wurde bei der ANOVA mit wiederholten Messungen ein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden ( $F(1,32) = 4.45, p = .04, \eta^2 = .12$ ). Weitere Analysen des signifikanten Interaktionseffekts von Zeit (invalider Hinweisreiz) und Gruppe ergaben eine signifikante Verbesserung der Reaktionszeit zwischen T0 und T1. Dieser Effekt wurde in der EG gefunden ( $t(18) = -2.9, p = .01$ ), aber nicht in der KG ( $t(14) = -.25, p = .40$ ; Tabelle 3). Die EG-Teilnehmenden waren zu T1 schneller als zu T0. Dieses Ergebnis lässt eine Bestätigung der ersten Hypothese zu.

Es wurden keine signifikanten Ergebnisse für die Haupteffekte Zeit (valider Hinweisreiz:  $F(1, 32) = 1.20, p = .28, \eta^2 = .04$ ; invalider Hinweisreiz:  $F(1, 32) = 3.02, p = .09, \eta^2 = .09$ ) oder Gruppe (valider Hinweisreiz:  $F(1, 32) = 1.50, p = .23, \eta^2 = .05$ ; invalider Hinweisreiz:  $F(1, 32) = 1.29, p = 0.26, \eta^2 = 0.04$ ) beobachtet.

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Alter und Zeit (valider Hinweisreiz:  $F(1, 31) = 0.17, p = .69, \eta^2 = .01$ ; invalider Hinweisreiz:  $F(1, 31) = 1.29, p = .27, \eta^2 = .04$ ). Allerdings gab es einen signifikanten Hauptef-

fekt des Alters (valider Hinweisreiz:  $F(1, 31) = 27.74, p < .01, \eta^2 = .47$ ; invalider Hinweisreiz:  $F(1, 31) = 34.77, p < .01, \eta^2 = .53$ ). Die weiteren Berechnungen ergaben signifikante lineare Regressionen für das Alter als Prädiktor zu T0 (valider Hinweisreiz:  $\beta = 3.09, t(32) = 5.31, p < .01; R^2 = .68, F(1,32) = 28.16, p < .01$ ; invalider Hinweisreiz:  $\beta = 3.89, t(32) = 5.93, p < .01; R^2 = .72, F(1,32) = 35.11, p < .01$ ) und T1 (valider Hinweisreiz:  $\beta = 2.82, t(32) = 4.82, p < .01; R^2 = .65, F(1,32) = 23.22, p < .01$ ; invalider Hinweisreiz:  $\beta = 3.15, t(32) = 5.12, p < .01; R^2 = .67, F(1,32) = 26.18, p < .01$ ). Je älter die Teilnehmenden waren, desto größer war die Reaktionszeit sowohl beim validen als auch beim invaliden Hinweisreiz der Aufmerksamkeitsverschiebungsaufgabe. Für die beiden Unterkategorien valider und invalider Hinweisreiz konnten bei der ANOVA mit dem gemeinsamen Parameter antizipierte Reaktionen keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Es konnte kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden werden ( $F(1, 32) = 0.67, p = .42, \eta^2 = .02$ ). Es wurde kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 31) = 0.42, p = .52, \eta^2 = .01$ ), gefunden. Allerdings gab es einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 32) = 4.89, p = .03, \eta^2 = .13$ ). Es gab mehr antizipierte Reaktionen zu T0 als zu T1 (T0:  $M = 2.34, SD = 3.48$ ; T1:  $M = 1.24, SD = 1.10$ ).

#### 4.1.3.4 Visuelles Scanning

Der letzte angewendete Subtest der TAP war das ‚Visuelle Scanning‘. Es wurden die Unterkategorien kritisch und nicht kritisch untersucht. Sowohl für die kritische als auch für die nicht kritische Unterkategorie wurde bei der ANOVA mit wiederholten Messungen kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden (Tabelle 4).

In Bezug auf den Haupteffekt der Zeit wurde ein signifikantes Ergebnis für die kritische Unterkategorie gefunden ( $F(1, 30) = 11.28, p < .01, \eta^2 = .27$ ). Die Gesamtstichprobe war zu T1 schneller ( $M = 2231,63; SD = 700,96$ ) als zu T0 ( $M = 2499,53; SD = 954,72$ ). Es konnte kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe gefunden werden ( $F(1, 30) = 0.73, p = .40, \eta^2 = .02$ ).

Für die nicht kritische Unterkategorie wurde kein signifikanter Haupteffekt der Zeit gefunden ( $F(1, 30) = 3.51, p = .07, \eta^2 = .11$ ). Dasselbe gilt für den Haupteffekt der Gruppe. Es wurde kein signifikantes Ergebnis gefunden ( $F(1, 30) = 0.16, p = .96, \eta^2 = .01$ ).

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab einen nicht signifikanten Interaktionseffekt von Alter und Zeit für die kritische Unterkategorie ( $F(1, 29) = 3.94, p = .06, \eta^2 = .12$ ). Es konnte allerdings ein signifikanter Haupteffekt des Alters ( $F(1, 29) = 21.26, p < .01$ ,

$\eta^2 = .42$ ) gefunden werden. Sowohl zu T0 als auch zu T1 wurde eine signifikante lineare Regression mit dem Alter als Prädiktor ermittelt. Ältere Teilnehmende hatten eine langsamere Reaktionszeit zu T0 ( $\beta = 38.06$ ,  $t(31) = 4.57$ ,  $p < .01$ ;  $R^2 = .63$ ,  $F(1,31) = 20.86$ ,  $p < .01$ ) und zu T1 ( $\beta = 28.80$ ,  $t(31) = 4.72$ ,  $p < .01$ ;  $R^2 = .65$ ,  $F(1,31) = 22.32$ ,  $p < .01$ ). Der Interaktionseffekt mit dem Alter ( $F(1, 29) = 6.81$ ,  $p = .01$ ,  $\eta^2=.19$ ) und der Haupteffekt des Alters ( $F(1, 29) = 16.68$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2=.37$ ) wurden auch für die nicht kritische Unterkategorie gefunden. Zu T0 ( $\beta = 79.59$ ,  $t(31) = 4.09$ ,  $p < .01$ ;  $R^2 = .59$ ,  $F(1,31) = 16.72$ ,  $p < .01$ ) und zu T1 ( $\beta = 53.04$ ,  $t(30) = 3.93$ ,  $p < .01$ ;  $R^2 = .58$ ,  $F(1,30) = 15.48$ ,  $p < .01$ ) waren ältere Teilnehmende langsamer.

Für die Unterkategorie kritisch und den Parameter Ausreißer ergab die ANOVA einen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 30) = 4.02$ ,  $p = .05$ ,  $\eta^2 = .12$ ). Zu T0 wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt ( $t(31) = 1.75$ ,  $p = .05$ ; KG:  $M = 7,57$ ,  $SD = 6,21$ ; EG:  $M = 4,33$ ,  $SD = 4,04$ ). Zu T1 wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt ( $t(30) = .12$ ,  $p = .45$ ; KG:  $M = 4.29$ ,  $SD = 4.41$ ; EG:  $M = 4.11$ ,  $SD = 3.92$ ). Bei der KG wurde eine signifikante Verbesserung von T0 zu T1 festgestellt ( $t(13) = 2.22$ ,  $p = .02$ ). Nicht jedoch in der EG ( $t(17) = .31$ ,  $p = .38$ ). Weiterhin gab es einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 30) = 5.27$ ,  $p = .03$ ,  $\eta^2=.15$ ). Es gab mehr Ausreißer bei T0 als bei T1 (T0:  $M = 5.75$ ,  $SD = 5.27$ ; T1:  $M = 4.19$ ,  $SD = 4.08$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 30) = 1.35$ ,  $p = .25$ ,  $\eta^2 = .04$ ).

Hinsichtlich des Fehlerparameters in der nicht kritischen Unterkategorie ergab die ANOVA keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 30) < 0.01$ ,  $p = 1$ ,  $\eta^2 < .01$ ). Es wurde kein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 30) < 0.01$ ,  $p = 1$ ,  $\eta^2 < .01$ ) und kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 30) = 2.28$ ,  $p = .14$ ,  $\eta^2 = .07$ ) gefunden.

**Tabelle 4.** Ergebnisse der TAP Subtest in Bezug auf die Interaktion Gruppe\*Zeit (Studie 1)

<b>Variable</b>		<b>EG N=19</b>	<b>KG N=15</b>	<b>F-Wert (df) (Gruppe*Zeit), p-Wert</b>
<b>Alertness</b>				
ohne Ton	T0	270.05 (69.85)	249.27 (44.24)	
	T1	260.00 (50.03)	258.13 (72.43)	$F(1,32) = 1.30, p = .26$
mit Ton	T0	277.16 (72.17)	259.13 (46.68)	
	T1	261.48 (55.65)	255.67 (62.53)	$F(1,32) = 0.60, p = .44$
<b>Geteilte Aufmerksamkeit</b>				
auditiv	T0	603.58 (85.32)	560.53 (83.75)	
	T1	581.79 (72.40)	554.47 (77.62)	$F(1,32) = 0.68, p = .42$
visuell	T0	794.37 (91.55)	775.40 (101.91)	
	T1	786.79 (123.77)	740.80 (95.57)	$F(1,32) = 1.43, p = .24$
<b>Aufmerksamkeitsverschiebung</b>				
valider Hinweisreiz	T0	313.95 (79.99)	275.20 (54.45)	
	T1	296.00 (69.10)	278.27 (69.70)	$F(1,32) = 2.40, p = .13$
invalider Hinweisreiz	T0	352.63 (91.08)	305.60 (71.83)	
	T1	321.00 (73.53)	308.67 (77.37)	$F(1,32) = 4.45, p = .04$
<b>Visuelles Scanning</b>				
kritisch	T0	2597.11 (621.90)	2348.79 (1266.77)	
	T1	2330.00 (581.86)	2105.14 (835.66)	$F(1,30) = 0.08, p = .79$
nicht kritisch	T0	4711.79 (1120.59)	4534.50 (3029.03)	
	T1	4439.06 (1026.00)	4147.92 (1885.53)	$F(1,30) = 0.40, p = .84$

Anmerkung: Mittlere Reaktionszeit (in ms) und SD (in Klammern), N = Personenanzahl, T0 = Prä-Messung, T1 = Post-Messung, EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe

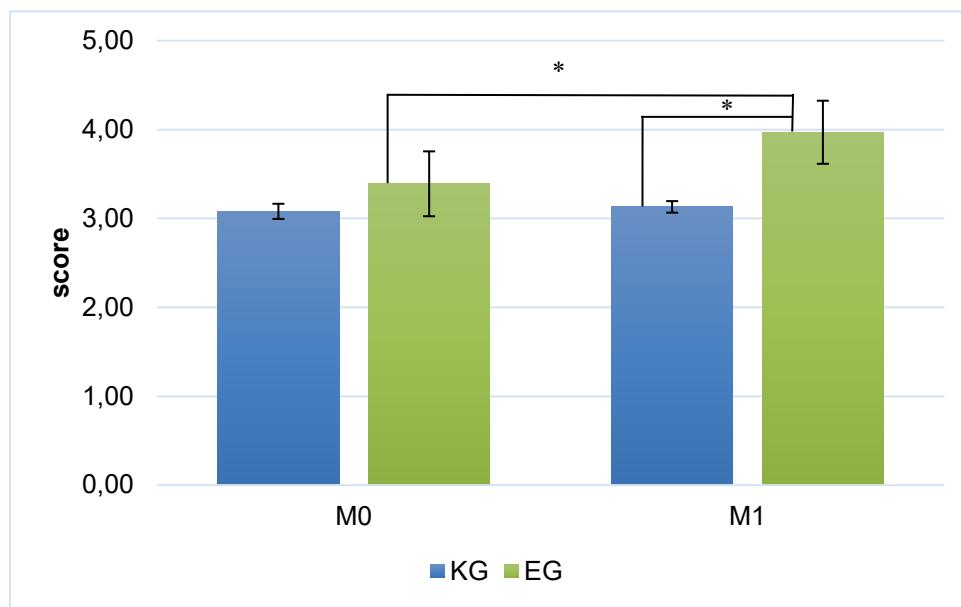
#### 4.1.4 PANAS

Die ANOVA mit wiederholten Messungen für die PANAS-Ergebnisse wurden für jede Skala (positiv und negativ) separat berechnet.

##### 4.1.4.1 Positive Subskala

Die positive Subskala zeigte einen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 32) = 14.86, p < .01, \eta^2 = .32$ ). Sie zeigt einen höheren Wert in der EG im Vergleich zur KG ( $t(32) = -3.09, p < .01$ ; Tabelle 5, Abb. 4) bei der Messung nach dem Training (M1). Bei der Messung vor dem Training (M0) konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $t(32) = -1.22, p = .12$ ). Darüber hinaus wurde in der EG zu M1 ein signifikant höherer PANAS-Score gefunden als zu M0 ( $t(18) = -5.68, p < .01$ ; Tabelle 4). Dieser Effekt wurde für die KG nicht gefunden ( $t(14) = -.50, p = .31$ ). Hieraus ergibt sich eine Bestätigung von Hypothese zwei. Zusätzlich gab es einen Haupteffekt von Gruppe ( $F(1, 32) = 5.14, p = .03, \eta^2 = .14$ ) und Zeit ( $F(1, 32) = 20.09, p < .01, \eta^2 = .39$ ). Der positive PANAS-Score war bei der Gesamtstichprobe zu M1 ( $M = 3.60, SD = 0.88$ ) höher als zu M0 ( $M = 3.26, SD = 0.74$ ).

Die ANCOVA mit Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt der Kovariate Alter und Zeit ( $F(1, 31) = 0.06, p = .81, \eta^2 < .01$ ). Allerdings gab es einen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 31) = 4.76, p = .04, \eta^2 = .13$ ). Weitere Tests ergaben eine signifikante lineare Regression mit dem Alter als Prädiktor zu M0 ( $\beta = .02, t(32) = 2.28, p = .03; R^2 = .37, F(1,32) = 5.18, p = .03$ ) und M1 ( $\beta = .02, t(32) = 2.28, p = .03; R^2 = .37, F(1,32) = 5.22, p = .03$ ). Je älter die Teilnehmenden, desto höher der Wert der positiven PANAS-Subskala.



**Abbildung 5.** Signifikanter Effekt der positiven Subskala. Beinhaltet M und SD. Stern gibt den signifikanten Unterschied ( $p < .05$ ) an (Studie 1)

#### 4.1.4.2 Negative Subskala

Die negative Subskala zeigte keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 32) = 2.16, p = .15$ ; Tabelle 5), wohingegen ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 32) = 7.87, p < .01, \eta^2 = .20$ ) gefunden werden konnte. Der negative PANAS-Score war zu M1 ( $M = 1.10, SD = 0.20$ ) niedriger als zu M0 ( $M = 1.15, SD = 0.25$ ).

Es konnte kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 32) = 1.42, p = .24, \eta^2 = .04$ ), gefunden werden.

Die ANCOVA mit Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt mit der Kovariate Alter ( $F(1, 31) = 0.03, p = .87, \eta^2 < .01$ ) und keinen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 31) = 3.71, p = .06, \eta^2 = .11$ ).

**Tabelle 5.** Deskriptive Statistiken der PANAS Subskalen (Studie 1)

Variable	EG N=19			KG N=15	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<b>Positive Subskala</b>	M0	3.39	0.73	3.08	0.74
	M1	3.97	0.71	3.13	0.88
<b>Negative Subskala</b>	M0	1.10	0.17	1.22	0.31
	M1	1.07	0.13	1.13	0.26

*Anmerkung:* M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, N = Personenanzahl, M0 = Messung vor dem Training, M1 = Messung nach dem Training, EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe

#### 4.1.5 Sensoren

Leider konnten in Studie 1 keine zuverlässigen Daten aus den Sensoren generiert werden, da die Datenübertragung und Aufzeichnung unter anderem aufgrund der baulichen Situation vor Ort nicht korrekt stattfinden konnten. Die geringe Menge an korrekten Daten war nicht ausreichend für eine statistische Analyse. Für die zweite Studie wurde dementsprechend ein neues Sensorensystem eingesetzt. Aufgrund der Gegebenheiten des Raumes kann es zu erhöhter Störempfindlichkeit der Sensoren kommen. Die für Studie 2 eingesetzten Sensoren scheinen hierfür weniger fehleranfällig zu sein.

### 4.2 Studie 2

#### 4.2.1 Stichprobe

Die Zusammensetzung der Stichprobe der zweiten Studie ist in Tabelle 6 dargestellt. Die Gesamtstichprobe der Studie umfasste 33 Teilnehmende, davon 16 in der Kontrollgruppe und 17 in der Experimentalgruppe. Davon waren in der EG 5 Frauen und 12 Männer mit einem Durchschnittsalter von 54.94 Jahren (SD: 12.79). In der KG waren es 2 Frauen und 14 Männer mit einem Durchschnittsalter von 51.06 (SD: 8.74). Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf Alter oder Geschlecht (Tabelle 5). Es wurden nur Teilnehmende aufgenommen, welche stationär in den Kliniken Schmieder, Heidelberg behandelt wurden. Alle Teilnehmenden befanden sich in der neurologischen Rehabilitation, nachdem sie einen Schlaganfall erlitten hatten (genaue Daten siehe Tabelle 8). Wegen unkorrekter Ausführung fehlten einige Daten der TAP Subtests (siehe Tabelle 6). Alle Teilnehmenden wurden über die Studie aufgeklärt und unterschrieben eine Einverständniserklärung.

**Tabelle 6.** Datenausfälle TAP-Subtest

<b>TAP-Subtest</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>
Alertness	1	
Geteilte Aufmerksamkeit	1	1
Aufmerksamkeitsverschiebung (invalid)	3	1
visuelles Scanning	0	2

Anmerkungen: T0 = Prä-Messung, T1 = Post-Messung

**Tabelle 7.** Zusammensetzung der Stichprobe (Studie 2)

<b>Variable</b>	<b>EG</b>	<b>KG</b>	<b>Gesamt</b>	<b>t-Test/χ2-Test</b>
	<b>N=17</b>	<b>N=16</b>	<b>N=33</b>	
<b>Alter</b>	M (SD) 54.94 (12.79)	51.06 (8.74)	53.06 (11.02)	$t(31) = -1.01; p = .32$
	Min 31	33	31	
<b>Geschlecht</b>	Max 73	71	73	
	weiblich (N) 5	2	7	$\chi^2(1) = 1.41; p = .24$
	männlich (N) 12	14	26	

Anmerkungen: M = Mittelwert, SD = Standardabweichung N = Personenanzahl, EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe

**Tabelle 8.** Gefäß/Stromgebiet des Schlaganfalls, sowie Zeitpunkt der Studienteilnahme nach Schlaganfall

Variable	EG N=17	KG N=16	Gesamt N =33
<b>Gefäß/Stromgebiet</b>			
Arteria cerebri media	11	13	24
Arteria cerebri anterior	1	0	1
Arteria vertebralis	1	0	1
Arteria carotis interna	1	1	2
Capsula Interna	1	1	2
Stammganglien	1	0	1
andere (Metastasenblutung, keine Angaben)	1	1	2
<b>Zeitpunkt der Studienteilnahme nach Schlaganfall</b>			
≤ 1 Monat	7	8	15
≤ 2 Monate	6	3	9
≤ 3 Monate	2	1	3
≤ 4 Monate	1	1	2
≤ 5 Monate	1	0	1
≤ 6 Monate	0	1	1
≤ 1 Jahr	0	1	1

Anmerkung: N = Personenanzahl, EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe

#### 4.2.2 Diagnostik-Version Verfolgungstraining Helix-Arena

##### 4.2.2.1 Helix Score

Die ANOVA mit wiederholten Messungen für die Diagnostik-Version des Verfolgungstrainings ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit für den Helix Score ( $F(1, 31) = 2.51, p = .12, \eta^2 = .08$ ). Es konnte kein signifikanter Haupteffekt von Zeit ( $F(1, 31) = .43, p = .52, \eta^2 = .01$ ) und Gruppe ( $F(1, 31) = 0.11, p = .74, \eta^2 < .01$ ) gefunden werden.

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt der Zeit mit Alter ( $F(1, 30) = 0.42, p = .52, \eta^2 = .01$ ). Außerdem gab es keinen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 30) = 0.47, p = .50, \eta^2 = .02$ ).

#### 4.2.2.2 Reaktionszeit Diagnostik-Version Helix-Arena

Bei der ANOVA mit wiederholten Messungen, die die mittlere Reaktionszeit in der Helix-Arena zwischen den Gruppen verglichen hat, wurde kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden ( $F(1, 31) = 3.65, p = .07, \eta^2 = .11$ ). Es konnte ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 31) = 30.06, p < .01, \eta^2 = .49$ ) beobachtet werden. Alle Teilnehmenden waren zu T1 ( $M = 2.11; SD = .53$ ) schneller als zu T0 ( $M = 2.70; SD = .70$ ). Es gab keinen signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 31) = 0.02, p = .89, \eta^2 < .01$ ).

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab keinen signifikanter Interaktionseffekt der Zeit mit Alter ( $F(1, 30) = 0.32, p = .58, \eta^2 = .01$ ). Außerdem gab es keinen signifikanter Haupteffekt des Alters ( $F(1, 30) = 1.01, p = .32, \eta^2 = .03$ ).

#### 4.2.3 TAP

Wie bei den Ergebnissen der ersten Studie wurden von allen TAP-Subtests separate Analysen berechnet. Es wurden zur Testung der Haupthypothesen ANOVAs mit wiederholten Messungen gerechnet.

##### 4.2.3.1 Alertness

Für den Subtest ‚Alertness‘ mit der Unterkategorie ohne Ton konnte ein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden werden ( $F(1, 31) = 4.47, p = .04, \eta^2 = .13$ ). Weitere Analysen des Interaktionseffekts der Zeit (ohne Ton) und der Gruppe ergaben eine signifikante Verbesserung der Reaktionszeit zwischen T0 und T1. Dieser Effekt wurde bei der EG ( $t(16) = 3.11, p < .01$ ), nicht aber bei der KG ( $t(15) = .65, p = .26$ ) signifikant. Die EG-Teilnehmenden waren zu T1 schneller als zu T0 (Tabelle 9). Außerdem gab es einen signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 31) = 8.21, p = .01, \eta^2 = .21$ ). Die Gesamtstichprobe war zu T1 schneller ( $M = 281.85; SD = 84.95$ ) als zu T0 ( $M = 318.00; SD = 134.80$ ). Es gab keinen signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 31) = 0.61, p = .44, \eta^2 = .02$ ).

Für die Unterkategorie mit Ton gab es keinen signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 30) = 0.72, p = .40, \eta^2 = .02$ ), aber es gab einen signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 30) = 7.37, p = .01, \eta^2 = .20$ ). Die Gesamtstichprobe war zu T1 schneller ( $M = 282.22; SD = 75.16$ ) als zu T0 ( $M = 318.03; SD = 130.55$ ). Es gab keinen signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 30) = 0.35, p = .56, \eta^2 = .01$ ).

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab keinen signifikanter Interaktionseffekt von Zeit und Alter (ohne Ton:  $F(1, 30) = 1.91, p = .18, \eta^2 = .06$ ; mit Ton:  $F(1, 29) = 0.01, p$

= .93,  $\eta^2 < .01$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt des Alters (ohne Ton:  $F(1, 30) < 0.01, p = .95, \eta^2 < .01$ ; mit Ton:  $F(1, 29) = 0.04, p = .85, \eta^2 < .01$ ).

Die ANOVA für den Fehlerparameter in der Unterkategorie ohne Ton ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 31) = 0.94, p = .34, \eta^2 = .03$ ).

Es gab keinen signifikanten Haupteffekt von Zeit ( $F(1, 31) = 0.94, p = .34, \eta^2 = .03$ ) und Gruppe ( $F(1, 31) = 0.94, p = .34, \eta^2 = .03$ ).

Die ANOVA für den Parameter antizipierte Reaktionen in der Unterkategorie mit Ton ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 30) = 0.29, p = .59, \eta^2 = .01$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt von Zeit ( $F(1, 30) = 0.03, p = .86, \eta^2 < .01$ ) und Gruppe ( $F(1, 30) = 1.76, p = .20, \eta^2 = .06$ ).

#### 4.2.3.2 Geteilte Aufmerksamkeit

Des Weiteren wurden die Ergebnisse des Subtests ‚Geteilte Aufmerksamkeit‘ mit den Unterkategorien auditiv und visuell untersucht. Es wurde kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden, weder für auditiv noch für visuell (Tabelle 9). Für den auditiven Untertest konnte weder ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 29) = 1.58, p = .22, \eta^2 = .05$ ) noch der Gruppe ( $F(1, 29) = 2.35, p = .14, \eta^2 = .08$ ) gefunden werden.

Ein signifikanter Interaktionseffekt der Zeit mit der Kovariate Alter konnte nicht gefunden werden ( $F(1, 28) = 0.02, p = .88, \eta^2 < .01$ ). Auch gab es keinen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 28) = 0.45, p = .51, \eta^2 = .02$ ).

Die ANOVA für den auditiven Untertest in Bezug auf den Ausreißerparameter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 28) = 0.05, p = .83, \eta^2 < .01$ ). Es konnte ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 28) = 7.01, p = .01, \eta^2 = .20$ ) gefunden werden. Die Gesamtstichprobe hat weniger Ausreißer zu T1 ( $M = 0.70; SD = 1.47$ ) als zu T0 ( $M = 1.50; SD = 2.52$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 28) = 0.15, p = .71, \eta^2 = .01$ ).

In der visuellen Unterkategorie konnte kein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 29) = 1.81, p = .19, \eta^2 = .06$ ) und der Gruppe ( $F(1, 29) = 0.63, p = .44, \eta^2 = .02$ ) gefunden werden.

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Alter und Zeit für die visuelle Unterkategorie ( $F(1, 28) = 0.03, p = .86, \eta^2 < .01$ ). Es konnte ein signifikanter Haupteffekt des Alters ( $F(1, 28) = 9.47, p = .01, \eta^2 = .25$ ) gefunden werden. Die weiteren Ergebnisse für den Haupteffekt des Alters zeigten, dass es eine signifikante lineare Regression zu T1 ( $\beta = 5.19, t(31) = 3.26, p < .01; R^2$

= .51,  $F(1,31) = 10.61, p < .01$ ) und eine signifikante lineare Regression zu T0 ( $\beta = 5.29, t(30) = 2.45, p = .02; R^2 = .42, F(1,30) = 6.02, p = .02$ ) gab. Das heißt für T0 und T1, je älter die Teilnehmenden, desto länger die Reaktionszeit in der visuellen Unterkategorie der geteilten Aufmerksamkeitsaufgabe.

Die ANOVA für die visuelle Unterkategorie in Bezug auf den Ausreißerparameter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1,29) < 0.01, p = .99, \eta^2 < .01$ ). Es konnte ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1,29) = 4.50, p = .03, \eta^2 = .15$ ) gefunden werden. Die Gesamtstichprobe hat weniger Ausreißer bei T1 ( $M = 1.06; SD = 1.57$ ) als bei T0 ( $M = 1.87; SD = 2.08$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 29) = 0.85, p = .37, \eta^2 = .03$ ).

Für die beiden Unterkategorien auditiv und visuell konnten in der ANOVA mit dem gemeinsamen Parameter Fehler keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Es konnte kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden werden ( $F(1, 29) = 0.40, p = .53, \eta^2 = .01$ ). Es wurde kein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 29) = 0.71, p = .41, \eta^2 = .02$ ) und kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 29) = 0.51, p = .48, \eta^2 = .02$ ) gefunden.

#### 4.2.3.3 Aufmerksamkeitsverschiebung

Für den Subtest ‚Aufmerksamkeitsverschiebung‘ wurden die Unterkategorien valider Hinweisreiz und invalider Hinweisreiz analysiert. Für beide konnte kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden werden (Tabelle 9).

Es wurde ein signifikanter Haupteffekt der Zeit für den validen Hinweisreiz ( $F(1, 31) = 9.57, p < .01, \eta^2 = .24$ ) gefunden. Die Gesamtstichprobe war zu T1 ( $M = 327.88; SD = 77.23$ ) schneller als zu T0 ( $M = 381.48; SD = 129.84$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 31) = 0.05, p = .83, \eta^2 < .01$ ). Ebenso wie für den validen Hinweisreiz konnte auch für den invaliden Hinweisreiz ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 28) = 6.28, p = .02, \eta^2 = .18$ ) gefunden werden. Die Gesamtstichprobe war zu T1 ( $M = 362.80; SD = 90.92$ ) schneller als zu T0 ( $M = 444.30; SD = 188.26$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 28) = 0.40, p = .53, \eta^2 = .01$ ).

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt von Alter und Zeit (valider Hinweisreiz:  $F(1, 30) = 0.11, p = .75, \eta^2 < .01$ ; invalider Hinweisreiz:  $F(1, 27) = 1.09, p = .31, \eta^2 = .04$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt des Alters (valider Hinweisreiz:  $F(1, 30) = 1.80, p = .19, \eta^2 = .06$ ; invalider Hinweisreiz:  $F(1, 27) = 3.58, p = .07, \eta^2 = .12$ ).

Für die beiden Unterkategorien valide und invalide konnten bei der ANOVA mit dem gemeinsamen Parameter antizipierte Reaktionen keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Es konnte kein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit gefunden werden ( $F(1, 29) = 1.80, p = .19, \eta^2 = .06$ ). Es wurde kein signifikanter Haupteffekt von Zeit ( $F(1, 29) = 0.01, p = .93, \eta^2 < .01$ ) und Gruppe ( $F(1, 29) = 0.09, p = .76, \eta^2 < .01$ ), gefunden.

#### 4.2.3.4 Visuelles Scanning

Der Subtest ‚Visuelle Scanning‘ mit den Unterkategorien kritisch und nicht kritisch ergab sowohl für die kritische als auch für die nicht kritische Unterkategorie keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit (Tabelle 9).

In Bezug auf den Haupteffekt der Zeit wurde ein signifikantes Ergebnis für die kritische Unterkategorie gefunden ( $F(1, 28) = 5.77, p = .02, \eta^2 = .17$ ). Die Gesamtstichprobe war zu T1 ( $M = 2712.20; SD = 766.54$ ) schneller als zu T0 ( $M = 2973.33; SD = 918.34$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 28) = 1.49, p = .23, \eta^2 = .05$ ). Für die nicht kritische Unterkategorie wurde kein signifikanter Haupteffekt der Zeit gefunden ( $F(1, 28) = 2.95, p = .10, \eta^2 = .10$ ). Dasselbe gilt für den Haupteffekt der Gruppe. Es wurde kein signifikantes Ergebnis gefunden ( $F(1, 28) = 0.43, p = .52, \eta^2 = .02$ ).

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab einen nicht signifikanten Interaktionseffekt von Alter und Zeit für die kritische Unterkategorie ( $F(1, 27) = 0.20, p = .66, \eta^2 = .01$ ) und die nicht kritische Unterkategorie ( $F(1, 27) = 0.59, p = .45, \eta^2 = .02$ ). Außerdem gab es keinen signifikanten Haupteffekt des Alters für die kritische Unterkategorie ( $F(1, 27) = 0.60, p = .45, \eta^2 = .02$ ) und die nicht kritische Unterkategorie ( $F(1, 27) = 0.73, p = .40, \eta^2 = .03$ ).

Für die nicht kritische Unterkategorie und den Parameter Ausreißer ergab die ANOVA keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 28) = 0.10, p = .76, \eta^2 < .01$ ). Es konnte ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 28) = 14.57, p < .01, \eta^2 = .34$ ) gefunden werden. Es gab mehr Ausreißer zu T0 als zu T1 (T0:  $M = 10.67, SD = 7.39$ ; T1:  $M = 5.67, SD = 5.85$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 28) = 0.63, p = .44, \eta^2 = .02$ ).

Hinsichtlich des Fehlerparameters in der nicht kritischen Unterkategorie ergab die ANOVA keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 28) = 0.40, p = .53, \eta^2 = .01$ ). Es wurde kein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 28) = 1.55, p = .22, \eta^2 = .05$ ) und kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 28) < 0.01, p = .95, \eta^2 < .01$ ) gefunden.

**Tabelle 9.** Ergebnisse der TAP Subtests in Bezug auf die Interaktion Gruppe\*Zeit (Studie 2)

<b>Vairable</b>		<b>EG</b> <b>N=17</b>	<b>KG</b> <b>N=16</b>	<b>F-Wert (df)</b> <b>(Gruppe*Zeit), p-Wert</b>
<b>Alertness</b>				
ohne Ton	T0	344.71 (168.85)	289.63 (81.77)	
	T1	283.24 (109.23)	280.38 (51.62)	$F(1,31) = 4.47, p = .04$
mit Ton	T0	334.19 (155.56)*	301.88 (102.31)	
	T1	287.19 (97.07)*	277.25 (46.91)	$F(1,30) = 0.72, p = .40$
<b>Geteilte Aufmerksamkeit</b>				
Auditiv	T0	628.75 (101.18)*	684.13 (205.42)**	
	T1	590.13 (92.89)*	656.40 (101.94)**	$F(1,29) = 0.04, p = .84$
Visuell	T0	904.83 (152.64)*	860.80 (118.41)**	
	T1	864.75 (133.41)*	844.07 (94.15)**	$F(1,29) = 0.30, p = .59$
<b>Aufmerksamkeitsverschiebung</b>				
valider Hinweisreiz	T0	388.06 (155.14)	374.50 (100.95)	
	T1	328.59 (86.71)	327.13 (68.58)	$F(1,31) = 0.12, p = .73$
invalider Hinweisreiz	T0	464.88 (219.61)	417.38 (141.30)****	
	T1	367.06 (93.59)	357.23 (90.78)****	$F(1,28) = 0.36, p = .56$
<b>Visuelles Scanning</b>				
kritisch	T0	2810.06 (971.39)*	3159.93(849.86)***	
	T1	2547.56 (808.05)*	2900.36 (697.06)***	$F(1,28) < 0.01, p = .99$
nicht kritisch	T0	5209.94 (1781.18)*	5572.93 (1537.23)***	
	T1	4833.31 (1480.36)*	5133.43 (1199.73)***	$F(1,28) = 0.02, p = .90$

Anmerkung: Mittlere Reaktionszeit (in ms) und SD (in Klammern), N = Personenanzahl, T0 = Prä-Messung, T1 = Post-Messung, EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe , \*N=16; \*\*N=15; \*\*\*N=14, \*\*\*\*N=13

## 4.2.4 PANAS

### 4.2.4.1 Positive Subskala

Auf der positiven Subskala zeigte sich bei der ANOVA mit wiederholten Messungen ein marginal signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 31) = 3.88, p = .06, \eta^2 = .11$ ). Es wurde ein signifikant höherer PANAS-Score zu M1 gefunden als zu M0 (KG:  $t(15) = -3.15, p < .01$ ; EG:  $t(16) = -3.24, p < .01$ ; Tabelle 10). Zusätzlich gab es einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 31) = 15.97, p < .01, \eta^2 = .34$ ). Der positive PANAS-Score war bei der Gesamtstichprobe zu M1 ( $M = 3.45, SD = 0.93$ ) höher als zu M0 ( $M = 3.12, SD = 0.93$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 31) = 0.02, p = .88, \eta^2 < .01$ ).

Die ANCOVA mit Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt der Kovariate Alter und Zeit ( $F(1, 30) = 0.27, p = .61, \eta^2 = .01$ ). Es gab keinen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 30) = 3.57, p = .07, \eta^2 = .11$ ).

### 4.2.4.2 Negative Subskala

Die negative Subskala ergab bei der ANOVA mit wiederholten Messungen keinen signifikanten Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ( $F(1, 31) = 0.01, p = .93$ ; Tabelle 10). Es konnte ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1, 31) = 4.60, p = .04, \eta^2 = .13$ ) gefunden werden. Der negative PANAS-Score war bei der Gesamtstichprobe zu M1 ( $M = 1.11, SD = 0.17$ ) niedriger als zu M0 ( $M = 1.18, SD = 0.24$ ).

Es konnte kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1, 31) = 0.04, p = .85, \eta^2 < .01$ ), gefunden werden.

Die ANCOVA mit der Kovariate Alter ergab keinen signifikanten Interaktionseffekt mit dem Alter und der Zeit ( $F(1, 30) = 1.42, p = .24, \eta^2 = .05$ ) und keinen signifikanten Haupteffekt des Alters ( $F(1, 30) = 0.01, p = .91, \eta^2 < .01$ ).

**Tabelle 10.** Deskriptive Statistiken der PANAS Subskalen (Studie 2)

Variable	EG N=17		KG N=16		
	M	SD	M	SD	
<b>Positive Subskala</b>	M0	3.03	0.90	3.23	0.97
	M1	3.50	0.88	3.39	1.00
<b>Negative Subskala</b>	M0	1.17	0.26	1.18	0.24
	M1	1.10	0.14	1.11	0.19

Anmerkung: M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, N = Personenanzahl, M0 = Messung vor dem Training, M1 = Messung nach dem Training, EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe

#### 4.2.5 Sensoren

Insgesamt wurden 36 Teilnehmende getestet. 25 Teilnehmende hatten alle Merkmale, aber ein Interventionszeitpunkt fehlte. Insgesamt sind 18 Teilnehmende mit vollständigen Daten in die Analyse eingegangen. Für Teile der ANCOVA sind 15 Teilnehmende vollständig gewesen. Aufgrund der Gegebenheit der Daten wurde es nicht für sinnvoll erachtet Interaktionen zu betrachten, da die Stichprobengröße Berechnungen dieser Art nicht zulässt.

##### 4.2.5.1 Kopfsensor

Für den Kopfsensor ergab die ANCOVA über alle Teilnehmenden hinweg für den Ruck einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ( $F(1,17) = 13.16, p < .01$ ), sowie einen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ( $F(1,17) = 4.56, p = .05$ ). Der Effekt kommt unabhängig der Gruppenzugehörigkeit zustande. Für die Beschleunigung konnte ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1,17) = 42.82, p < .01$ ) gefunden werden. Ein signifikanter Haupteffekt der Gruppe konnte nicht gefunden werden ( $F(1,17) = 3.52, p = .08$ ). Gleiches wurde für den Geschwindigkeitsparameter festgestellt, auch hier konnte ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1,17) = 52.93, p < .01$ ), jedoch kein Haupteffekt der Gruppe ( $F(1,17) = 3.69, p = .07$ ) gefunden werden. Für den Yaw-Parameter konnte weder ein Haupteffekt der Zeit ( $F(1,17) = 1.31, p = .27$ ) noch der Gruppe ( $F(1,17) = 0.86, p = .37$ ) gefunden werden.

Über alle Trials hinweg konnte für den Ruck ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1,57) = 55.17, p < .01$ ), sowie der Gruppe ( $F(1,57) = 46.07, p < .01$ ) gefunden werden. Dieselben signifikanten Haupteffekte für Zeit und Gruppe konnten für die Beschleunigung (Haupteffekt Zeit:  $F(1,57) = 91.85, p < .01$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,57)$

= 51.19,  $p < .01$ ), die Geschwindigkeit (Haupteffekt Zeit:  $F(1,57) = 710.74$ ,  $p < .01$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,57) = 42.37$ ,  $p < .01$ ), sowie für den Yaw-Parameter (Haupteffekt Zeit:  $F(1,59) = 119.70$ ,  $p < .01$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,59) = 12.36$ ,  $p < .01$ ) gefunden werden.

#### 4.2.5.2 Brustsensor

Die gerechnete ANCOVA für die Daten des Brustsensors ergab über alle Teilnehmenden hinweg weder für den Ruck (Haupteffekt Zeit:  $F(1,13) = 0.01$ ,  $p = .95$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,13) = 1.35$ ,  $p = .27$ ), die Beschleunigung (Haupteffekt Zeit:  $F(1,13) = 0.10$ ,  $p = .76$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,13) = 0.56$ ,  $p = .47$ ), die Geschwindigkeit (Haupteffekt Zeit:  $F(1,13) = 3.73$ ,  $p = .08$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,13) = 1.34$ ,  $p = .27$ ) und für den Yaw-Parameter (Haupteffekt Zeit:  $F(1,13) = 0.85$ ,  $p = .37$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,13) = 0.26$ ,  $p = .62$ ) signifikante Haupteffekte von Zeit und Gruppe.

Die Ergebnisse über alle Trials hinweg ergaben für den Ruck einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ( $F(1,57) = 5.71$ ,  $p = .02$ ), nicht aber der Gruppe ( $F(1,57) = 0.48$ ,  $p = .49$ ).

Für den Beschleunigungsparameter konnte weder für die Zeit ( $F(1,57) = 2.30$ ,  $p = .14$ ) noch für die Gruppe ( $F(1,57) = 0.38$ ,  $p = .54$ ) ein signifikanter Haupteffekt gefunden werden. Für die Geschwindigkeit konnte ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1,57) = 80.90$ ,  $p < .01$ ) gefunden werden. Ein signifikanter Haupteffekt der Gruppe ( $F(1,57) = 1.35$ ,  $p = .25$ ) wurde nicht festgestellt. Für den Yaw-Parameter konnte sowohl ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1,59) = 174.41$ ,  $p < .01$ ) als auch der Gruppe ( $F(1,59) = 25.95$ ,  $p < .01$ ) gefunden werden.

#### 4.2.5.3 Lag

Für den Lag ergab die ANCOVA über alle Teilnehmenden hinweg weder für den Ruck (Haupteffekt Zeit:  $F(1,12) = 0.03$ ,  $p = .86$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,12) = 0.94$ ,  $p = .35$ ), die Beschleunigung (Haupteffekt Zeit:  $F(1,12) = 0.03$ ,  $p = .86$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,12) = 0.24$ ,  $p = .63$ ), die Geschwindigkeit (Haupteffekt Zeit:  $F(1,12) = 1.43$ ,  $p = .26$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,12) = 1.13$ ,  $p = .31$ ) und für den Yaw-Parameter (Haupteffekt Zeit:  $F(1,12) = 1.68$ ,  $p = .22$ ; Haupteffekt Gruppe:  $F(1,12) = 0.02$ ,  $p = .90$ ) signifikante Haupteffekte von Zeit und Gruppe.

Die Berechnungen über alle Trials hinweg ergaben für den Ruck einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ( $F(1,57) = 4.54$ ,  $p = .04$ ), aber nicht der Gruppe ( $F(1,57) = 2.95$ ,  $p = .09$ ).

Ebenso konnte ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1,57) = 91.85, p = .04$ ) für den Beschleunigungsparameter gefunden werden, ein signifikanter HE der Gruppe ( $F(1,57) = 2.95, p = .09$ ) nicht. Für die Geschwindigkeit konnte sowohl für die Zeit ( $F(1,57) = 42.58, p < .01$ ) als auch für die Gruppe ( $F(1,57) = 55.46, p < .01$ ) ein signifikanter Haupteffekt gefunden werden. Eben gleiches konnte für den Yaw-Parameter gefunden werden, auch hier wurde ein signifikanter Haupteffekt der Zeit ( $F(1,59) = 40.47, p < .01$ ) und der Gruppe ( $F(1,59) = 16.84, p < .01$ ) gefunden.

Wie oben bereits beschrieben, konnten nicht ausreichend verwendbare Daten gewonnen werden, um die gewünschten Analysen vorzunehmen. Auf die verschiedenen Ursachen wird im Diskussionsteil weiter eingegangen.

Dennoch soll auf Abbildung 6 dargestellt werden, wie die Bewegungen von Kopf und Brust, sowie der Lag, zu T0 und T1 sowie zwischen den Gruppen (KG vs. EG) ausgesehen haben. Die deskriptive Interpretation der Ergebnisse des Bildes ergibt keine nennenswerten Unterschiede der Gruppenzugehörigkeit

Des Weiteren ist auf Abbildung 7 dargestellt, inwiefern sich die Bewegungen des Kopfes unterscheiden, je nachdem auf welcher Hirnhälfte der Schlaganfall lokalisiert werden konnte. Eine adäquate statistische Analyse war aufgrund der kleinen Datengrundlage nicht möglich. Dennoch kann als Veranschaulichung diese Abbildung herangezogen werden. Hier wird die Lokalisation des Schlaganfalls (links- vs. rechtshemisphärisch) innerhalb der Gruppen zu T0 und T1 dargestellt.

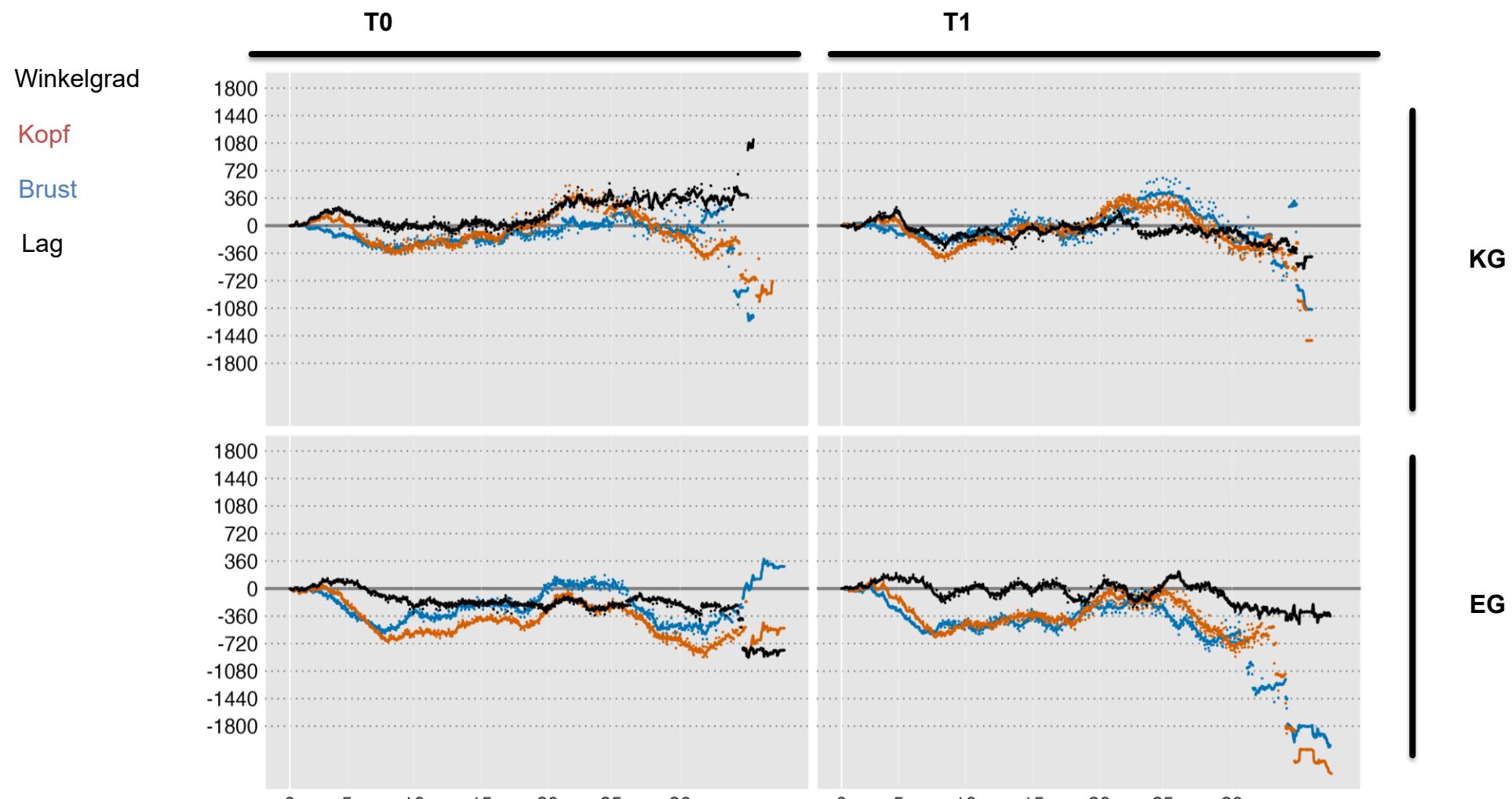
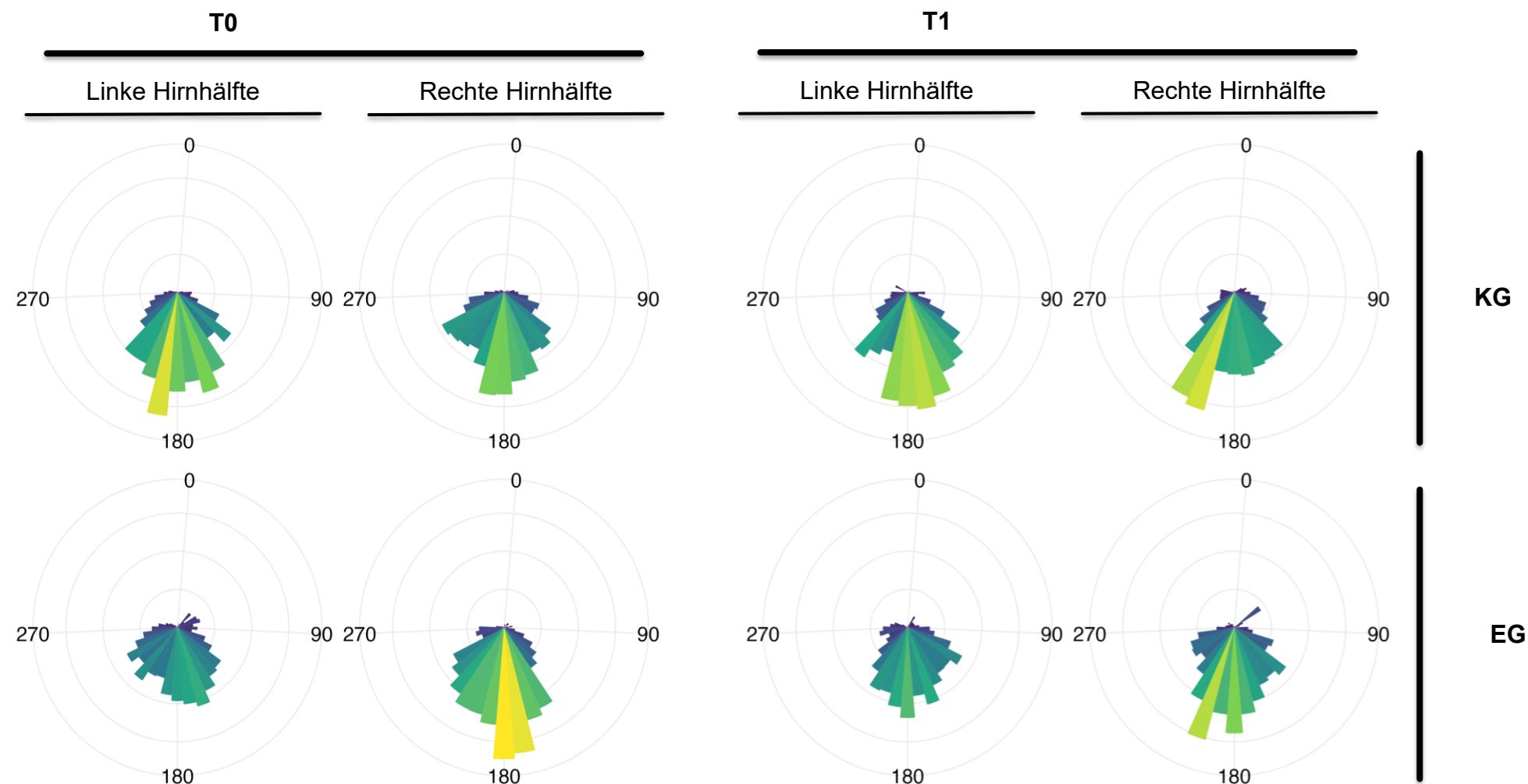


Abbildung 6. Ausrichtung der Bewegungen von Kopf und Brust sowie Darstellung des Lag



**Abbildung 7.** Richtung des Kopfes im Durchschnitt je nach Lokalisation des Schlaganfalls

## 4.2.6 Feedback Fragebogen

### 4.2.6.1 Fragen

Es wurde der Mann Whitney U-Test gerechnet, um die Ergebnisse der drei relevanten Fragen zu analysieren. Es zeigten sich bei Frage 1 („Ich glaube, die Trainingseinheit hilft mir meine Wahrnehmung im Alltag zu verbessern“) ( $U = 109.0, Z = -0.72, p = .23$ ) und bei Frage 3 („Würden Sie weitere Trainingseinheiten in der Helix durchführen wollen“) ( $U = 66.0, Z = -0.02, p = .01$ ) keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Bei Frage 2 („Die Trainingseinheit motiviert mich, meine beste Leistung zu zeigen“) hingegen konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden ( $U = 127.5, Z = -2.34, p = .52$ ). Somit kann Hypothese 3 bestätigt werden.

**Tabelle 11.** Deskriptive Statistiken Feedback Fragebogen (Studie 2)

<b>Variable</b>	<b>EG</b> <b>N=16</b>		<b>KG</b> <b>N=16</b>	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<b>Frage 1</b>	4.25	0.68	3.88	1.15
<b>Frage 2</b>	4.63	0.81	3.63	1.36
<b>Frage 3</b>	4.56	0.63	4.38	1.09

Anmerkung: N = Personenanzahl, EG = Experimentalgruppe, KG = Kontrollgruppe

Eine detailliertere Auswertung der 3. Frage zeigte, dass 87.88% an weiteren Trainingseinheiten in der Helix-Arena teilnehmen würden.

### 4.2.6.2 Offene Anmerkungen

Die Auswertung der offenen Anmerkungen ergab insgesamt 10 Rückmeldungen der Teilnehmenden, wobei eine der Anmerkung keine Relevanz hat („keine Anregung“). Die Anmerkungen wurden in zwei Unterkategorien eingeteilt. Zum einen Anmerkungen, die sich auf die Intervention (Helix-Arena vs. PC-Training) beziehen und zum anderen Anmerkungen, die sich auf das Setting beziehen.

**Tabelle 12.** Offene Anmerkungen (Studie 2)

Intervention	Setting
„Helix macht einfach mehr Spass und motiviert dementsprechend :-)*“	„gute Betreuung“**
„Das Kontrolltraining war sehr eintönig und langweilig. Es fehlte die Rückmeldung.“*	
„Die Aufgaben mit den Punkten war recht langweilig und monoton dadurch konnte ich mich verbessern“*	
„PC war hilfreich, aber Helix war viel besser. Geschwindigkeit und Aufmerksamkeit sind bei mir gestiegen“*	
„Ich hatte heute in der Reha schon sehr viel Computer Therapien, deswegen fast keine Konzentration am Comp. Möglich“**	
“It was something I’ve never done, I found it quite interesting”**	
„macht Spaß“**	
„dadurch konnte ich mich verbessern“**	

---

Anmerkung: \*teilnehmende Person der KG \*\*teilnehmende Person der EG

Insgesamt zeigen die offenen Antworten eine positive Beurteilung der Helix-Arena; insbesondere der Spaß-Faktor wurde erwähnt, ebenso die (subjektiv) wahrgenommenen Verbesserungen.

## 5 DISKUSSION

### 5.1 Studie 1

Das Ziel der ersten Studie war es, anhand einer gesunden Stichprobe den Studienablauf und das Design zu testen und Erkenntnisse über Trainingseffekte dieser Gruppe zu identifizieren. Hierbei lag das Hauptaugenmerk auf einer adäquaten Stichprobenauswahl und der richtigen Studiendurchführung, um bestmögliche Schlüsse für die Studie an Personen nach Schlaganfall ziehen zu können. Aufgrund der Auslegung des Trainings auf eine Stichprobe von Personen nach Schlaganfall, waren keine großen Effekte in Bezug auf die Aufmerksamkeit zu erwarten, da das Training für eine gesunde Stichprobe zu einfach ist.

In Bezug auf die Durchführbarkeit und Machbarkeit der Studie kann von einem Erfolg gesprochen werden; alle Teilnehmenden konnten die Studie durchführen und es wurden keine Störungen im Ablauf und im Design festgestellt. Auch für die Versuchsleitenden konnte der Ablauf als passend und gut eingestuft werden. Lediglich in Bezug auf die in der ersten Studie eingesetzten Sensoren, kam es zu Störungen. Hier konnte aufgrund von mangelnder und fehlerhafter Daten keine Auswertung vorgenommen werden.

Die Stichprobengröße und -zusammensetzung kann für die Erreichung der formulierten Ziele als erfolgreich bezeichnet werden. Mit einem Durchschnittsalter von 47,4 Jahren und einem Maximalalter von 73 konnte das Ziel erreicht werden. Ziel war es auch ältere Teilnehmende mit einzubeziehen, da das Risiko für einen Schlaganfall mit zunehmenden Alter steigt (Katan & Luft, 2018). Des Weiteren wurde auf eine ausgewogene Verteilung des Geschlechts innerhalb der Gruppen geachtet. In Bezug auf die Stichprobengröße muss auf die zu diesem Zeitpunkt andauernde Corona-Pandemie verwiesen werden, somit kann von einem den Umständen entsprechenden zufriedenstellenden Ergebnis gesprochen werden.

Wie bereits oben aufgeführt, war sowohl das Training als auch die Diagnostik-Version des Verfolgungstraining auf eine Stichprobe von Personen nach Schlaganfall ausgelegt. Weder beim Score noch bei der Reaktionszeit wurden signifikante Verbesserungen bei der Diagnostik-Version der Helix-Arena festgestellt. Die Analyse der Rohdaten zeigen Verbesserungen von Prä zu Post in beiden Gruppen. Das diese Verbesserungen in beiden Gruppen zu erkennen sind, lässt darauf schließen, dass eine Gewöh-

nung an das Setting bereits nach einer Anwendung stattfindet und somit ein schnelleres und besseres Handeln an dem neuen Trainingsgerät realisiert werden konnte. Dementsprechend waren diese Verbesserungen auch in der KG zu erkennen.

In Bezug auf die TAP und somit die Effekte auf die Aufmerksamkeitsleistungen war aufgrund des zu einfachen Trainings für eine gesunde Stichprobe nicht davon auszugehen, dass signifikante Verbesserungen auftreten. Daher ist das signifikante Ergebnis im Subtest Aufmerksamkeitsverschiebung mit der Unterkategorie invalider Hinweisreiz positiv zu vermerken. Hier konnte der gewünschte Effekt eintreten, sodass eine schnellere Reaktionszeit von T0 zu T1 in der EG festgestellt werden konnte, nicht aber in der KG. Teilnehmende der EG, welche das Helix-Training absolvierten, zeigten zu T1 eine schnellere Reaktionszeit als Teilnehmende der KG, welche das PC-Training absolvierten.

Dieser Subtest war der einzige in welchem ein signifikanter Unterschied der Gruppen in Bezug auf die Reaktionszeiten festgestellt werden konnte. Möglicherweise vermittelt das Training in der Helix-Arena ein größeres Vertrauen in die eigene Entscheidung und führt zu einer schnelleren und sichereren Kategorisierung von ungültigen Informationen. Darüber hinaus könnten die im Theorienteil erläuterten Phänomene, wie die natürliche Umgebung, der Spaßfaktor und der Spielfaktor (Karamians et al., 2020), eine Rolle spielen. Alle diese Punkte sind in der Helix-Arena im Vergleich zum PC vorhanden. Für die exakte Analyse dieser Effekte muss zusätzliche Forschung in Bezug auf das Training in der Helix-Arena und die Auswirkungen davon auf verschiedene Aufmerksamkeitsfunktionen stattfinden. Hierfür kann dieses signifikante Ergebnis als erster Hinweis genommen werden.

Weitere signifikante Verbesserungen von T0 zu T1 konnten in Bezug auf den Parameter antizipierte Reaktionen beim Subtest Alertness mit der Unterkategorie mit Ton und in Bezug auf den Ausreißer-Parameter beim Subtest visuelles Scanning mit der kritischen Unterkategorie festgestellt werden. Hier konnte eine signifikante Verbesserung von T0 zu T1 in der KG nicht aber in der EG festgestellt werden. Eventuell hat das Training am PC dazu geführt, dass eine vermehrte Sicherheit und Vertrautheit mit Training an dem PC stattfindet und somit schnellere beziehungsweise sicherere Reaktionen eintreten.

Des Weiteren konnte sowohl für den antizipierte Reaktionen Parameter in der Unterkategorie Aufmerksamkeitsverschiebung, sowie für die kritische Unterkategorie des

Subtests visuelles Scanning und den Ausreißer-Parameter der kritischen Unterkategorie ein Haupteffekt der Zeit gefunden werden. Hier war die Gesamtstichprobe zu T0 langsamer beziehungsweise hat mehr Fehler gemacht, als zu T1. Dieser Effekt ist auf einen Trainings- und Gewöhnungseffekt an das Setting zurückzuführen. Zu T0 ist das Setting und der Test für alle Teilnehmenden neu zu T1 ist das nicht mehr der Fall. Dies kann wie in diesem Fall zu besseren Ergebnissen führen.

Bewusst wurde das Alter als Variable in die Analyse mit aufgenommen. Die Literatur bestätigt die Abnahme der Reaktionszeit mit steigendem Alter (Der & Deary, 2006). Dieser Effekt konnte auch in dieser Studie festgestellt werden. Bei allen Subtests (Alertness, geteilte Aufmerksamkeit, Aufmerksamkeitsverschiebung und visuelles Scanning), konnte sowohl zu T0 und zu T1 eine langsamere Reaktionszeit je nach Alter festgestellt werden. Je älter die Teilnehmenden waren, desto schlechter war die Reaktionszeit.

Wie bereits im Theorieteil erörtert, spielt der Affekt eine wichtige Rolle im Rehabilitationsprozess (Choe & Kim, 2021). In dieser Studie wurde der Affekt mit Hilfe des PANAS vor und nach jedem Training erfasst. Hierbei wurden der positive und der negative Affekt isoliert betrachtet. In Bezug auf den positiven Affekt konnte ein signifikantes Ergebnis gefunden werden. Teilnehmende der EG gaben einen höheren positiven Affekt zu M1 statt zu M0 an als Teilnehmende der KG. Das spricht für den gewünschten Effekt, nämlich dass das Training in der Helix-Arena im Vergleich zu einem Training am PC zu einem gesteigerten positiven Affekt führt. Das Ergebnis ist vor allem deshalb relevant, da im normalen Alltag in einer neurologischen Rehabilitation das Training am PC ein elementarer Bestandteil ist. Somit bestärkt dieses Ergebnis, das Vorhaben die Helix-Arena an einer Stichprobe von Personen nach Schlaganfall zu testen.

Für den negativen Affekt konnte kein Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden; es konnte allerdings für die Gesamtstichprobe ein geringerer negativer Affekt von M0 zu M1 gefunden werden. Sowohl für Teilnehmende der KG als auch der EG konnte der negative Affekt verringert werden. Dies kann durch die Tatsache erklärt werden, dass ein Training im Allgemeinen, unabhängig der Gruppenzugehörigkeit, zu einem gesteigerten Selbstvertrauen und Selbstwertgefühl führen kann, welches dann wiederum zu weniger negativen Affekt führen kann (Goghari & Lawlor-Savage, 2018). Für den positiven Affekt konnte ein Effekt des Alters gefunden werden: Je älter, desto höher der positive Affekt, sowohl zu M0 als auch zu M1. Ähnliche Effekte konnten auch

in der Literatur gefunden werden. Hier ist von einem „age-related positivity effect“ die Rede (Reed & Carstensen, 2012).

Zusammenfassend ist zu sagen, dass das Studiendesign auch für ältere Teilnehmende durchführbar ist. Die oben beschriebenen Ergebnisse und Erkenntnisse bestärken das Vorhaben einer Anwendung der Helix-Arena im neurologischen Kontext. Eine Diskussion der methodischen Probleme sowie ein Ausblick auf zukünftige Forschung folgt in Abschnitt 5.4-5.6.

## 5.2 Studie 2

Die zweite Studie sollte die Helix-Arena in Bezug auf eine Anwendung an einer neurologischen Stichprobe testen. Hierbei sollten die Möglichkeiten der Helix-Arena bestmöglich genutzt werden, da davon auszugehen ist, dass Personen nach Schlaganfall hiervon gut profitieren können. Der Fokus dieses Forschungsprojektes liegt auf den Kernvariablen Aufmerksamkeit und Affekt. Aufgrund des 360 Grad Umfeldes, welches den Einsatz vieler Modalitäten wie das aufrechte Stehen, das Drehen des Kopfes und des Körpers erfordert, sind weitreichende Verbesserungen nicht nur in Bezug auf die Aufmerksamkeit und den Affekt zu erwarten. Mit dem Verfolgungstraining wurde versucht, ein adäquates Trainingsprogramm für die relevante Stichprobe zu kreieren. Die Ergebnisse aus der ersten Studie lieferten dahingehend und in Bezug auf das allgemeine Studiendesign vielversprechende Ergebnisse. Durch die Zusammenarbeit mit dem neurologischen Fach- und Rehabilitationskrankenhaus Kliniken Schmieder Heidelberg, konnte die Arbeit mit Personen nach Schlaganfall gewährleistet werden. Wie bereits im Methodenteil erläutert, erfolgte die Auswahl der entsprechenden Personen durch einen praktizierenden Oberarzt in der Klinik. Die Personen nach Schlaganfall wurden mit Hilfe eines Taxiunternehmens zum TSG ResearchLab gefahren und nach erfolgreicher Absolvierung wieder zurück an die Klinik gebracht. Dadurch wurde der Aufwand für die Personen so gering wie möglich gehalten, auch wenn der Gesamtaufwand mit einer Gesamtzahl von sechs Terminen und einem einfachen Fahrtweg von 30-45 Minuten als hoch eingestuft werden muss. Da neben dem Aufwand auch die Auswahl passender Personen nach Schlaganfall die mögliche Stichprobe eingeschränkt hat, kann die realisierte Stichprobe als Erfolg bezeichnet werden.

Bei einer genaueren Betrachtung der Stichprobe fällt positiv auf, dass bis auf eine Person bei allen Personen der Schlaganfall nicht länger als 6 Monate zurücklag. Wie dem Theorieteil zu entnehmen, sind hier die größten Verbesserungen im Rehabilitationsprozess zu erwarten. In Bezug auf die Stichprobe kann ergänzend festgestellt werden,

dass alle Personen während ihres stationären Aufenthaltes an der Studie teilgenommen haben. Die Lokalisationen des Schlaganfalls/Strömungsgebiete sind Tabelle 6 zu entnehmen.

In Bezug auf die Ergebnisse der Diagnostik-Version des Verfolgungstrainings in der Helix-Arena konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Auch hier ist die Gesamtstichprobe im Allgemeinen sehr gut gewesen (T0:  $M = 28.27$ ;  $SD = 2.93$ ; T1:  $M = 28.70$ ;  $SD = 4.53$ ). Bezuglich der Reaktionszeit in der Helix-Arena können keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, dennoch ist eine generelle Verbesserung in beiden Gruppen erkennbar. Das kann mit den Gewöhnungseffekten, wie im Diskussionsteil zur ersten Studie beschrieben, erklärt werden.

Nach diesen Ergebnissen könnte vermutet werden, dass das Training zu einfach ist und deswegen nur geringe Effekte auch in Bezug auf die Aufmerksamkeit zu erwarten sind. Dem steht gegenüber, dass bewusst eine adaptive Trainingsversion konzipiert wurde, sodass jede Person nach Schlaganfall entsprechend dem individuellen Level trainieren kann. Die Detailanalyse der Trainingsergebnisse verdeutlicht, dass keine Person nach Schlaganfall alle Entscheidungen dauerhaft richtig getroffen hat. Dies verstärkt den Befund des Trainingseffekts. Bevor die Ergebnisse in Bezug auf Aufmerksamkeit und Affekt bewertet werden, soll eine generelle Einordnung der Ergebnisse folgen. Aufgrund des Zeitpunktes der Studie während des Rehabilitationsprozesses der Personen nach Schlaganfall sind isolierte Ergebnisse zum Training in der Helix-Arena schwer zu finden. Der Zeitpunkt ist aufgrund des 6-Monats-Zeitraums im Rahmen der Rehabilitation für die Studie und die Weiterentwicklung der Personen ideal, allerdings werden die Effekte des Trainings in der Helix-Arena durch die parallele stationäre Rehabilitation in Bezug auf Aufmerksamkeit und Affekt überlagert. Aufgrund der Anwendung der TAP, welche auch im Rehabilitationskrankenhaus angewendet wird, sind hier keine Gewöhnungseffekte zu erwarten, weil allen Personen der Ablauf bekannt ist.

Umso vielversprechender ist die signifikante Verbesserung in der Reaktionszeit im TAP Subtest Alertness in der Unterkategorie ohne Ton. Hier konnte eine Verbesserung von T0 zu T1 ausschließlich in der EG, nicht aber in der KG festgestellt werden. Hiermit kann belegt werden, dass die Helix-Arena zusätzlich zum alltäglichen Rehabilitationsprozess Einflüsse auf Aufmerksamkeitsparameter hat.

Der beschriebene Effekt der Verbesserungen in der TAP von T0 zu T1 konnte in fast allen Subtests und Unterkategorien festgestellt werden (Subtest Alertness mit beiden Unterkategorien, Subtest geteilte Aufmerksamkeit mit beiden Unterkategorien, sowie dem Ausreißer-Parameter, Subtest Aufmerksamkeitsverschiebung in beiden Unterkategorien, sowie im Subtest visuelles Scanning in der kritischen Unterkategorie und der Ausreißer-Parameter in der nicht kritischen Unterkategorie). Das betrifft sowohl die EG als auch die KG und verdeutlicht den allgemeinen Rehabilitationseffekt, sowohl durch die klinischen Maßnahmen als auch durch beide Varianten des Trainings in der Studie. Eine Studie ohne parallele Rehabilitationsmaßnahmen würde hier eine klarere Trennung ermöglichen, ist allerdings aus der individuellen Perspektive der Personen nach Schlaganfall nicht realisierbar und vertretbar.

In Bezug auf die Variable Alter konnten keine nennenswerten Effekte gefunden werden. Das Alter scheint bei der Stichprobe von Personen nach Schlaganfall keinen Einfluss auf die Aufmerksamkeitsleistung zu haben. Aufgrund der aktuellen generellen Einschränkungen der Aufmerksamkeit, klärt das Alter keine weiteren Informationen auf. Gleichzeitig scheint das Alter somit auch kein hinderlicher Faktor für das Training in der Helix-Arena zu sein.

Die Wichtigkeit des Affektes in Bezug auf den Rehabilitationsprozess wurde schon mehrfach thematisiert. In dieser Studie konnte lediglich eine Tendenz in Bezug auf den positiven Affekt festgestellt werden. Es konnte in beiden Gruppen eine Verbesserung des positiven Affektes von M0 zu M1 festgestellt werden. Betrachtet man dieses Ergebnis im Detail, ist zu erkennen, dass vor allem in der EG eine größere und stärkere Verbesserung erkennbar ist.

Eine Erklärung für eine Verbesserung beider Gruppen kann in der Dissonanz-Theorie liegen (Cooper, 2012). Die Teilnahme an dieser Studie ist mit einem großen Aufwand verknüpft. Die Personen nach Schlaganfall erhalten vor und nach dem Training den PANAS zum Ausfüllen. Bei der Beantwortung der Fragen nach dem Training kann von einer positiveren Sicht ausgegangen werden, um Aufwand mit einem positiven Effekt zu rechtfertigen. Das gilt auch bei einem Training in der KG, welches als nicht so spannend und eher als monoton berichtet wurde. Der Dissonanz-Effekt kann dazu führen, dass Teilnehmende der KG aufgrund des großen Aufwands eine positivere Wahrnehmung empfinden, als dies in einem Training mit geringerem Aufwand gemessen werden würde. Um diesen Effekt zu belegen, müssten die Studie der KG mit großem und geringerem Aufwand (z.B. in der Reha-Klinik) durchgeführt werden

Bei der Betrachtung des negativen Affektes konnte eine Verbesserung des negativen Affektes von M0 zu M1 in der Gesamtstichprobe berichtet werden. Auch hier dient als Erklärung oben beschriebenes Phänomen der Dissonanz-Theorie.

Neben dem beschriebenen Phänomen der Dissonanz darf der Einfluss des Orts- und Umgebungswechsel nicht unterschätzt werden. Die Personen nach Schlaganfall verlassen den alltäglichen Rehabilitationskontext und erleben eine neue Umgebung und ein neues Umfeld, was zusätzlich zu einer Affektsteigerung führen kann. Vergleicht man die Ergebnisse des Affekts von Studie 1 und Studie 2 sind deutlich geringere Werte des positiven Affekts in Studie 2 erkennbar. Ein geringerer positiver Affekt bei Personen nach Schlaganfall ist aus der Literatur bekannt (Buczak-Stec et al., 2020).

Für die Beurteilung des Studiendesigns und insbesondere des Rehabilitationserfolgs spielen auch persönliche Wahrnehmungen eine elementare Rolle. Hierüber geben die entsprechenden Ergebnisse aus dem Feedback-Fragebogen Aufschluss.

Der Feedback-Fragebogen beinhaltete offene Fragen und Fragen auf einer 5-stufigen-Likert-Skala (siehe Anhang). Besonders positiv ist der signifikante Unterschied, der bei Frage 2 zwischen den Gruppen festgestellt werden konnte. Hierbei wurde die Frage des Motivationseffektes der Trainings gestellt. Dabei wurde das Training in der Helix-Arena als signifikant motivierender als das Training am PC bewertet. Da das Training während der neurologischen Rehabilitation weitestgehend auf PC-Training basiert, stellt die Helix-Arena in Bezug auf den Motivationsaspekt einen Mehrwert da.

Relevant ist zudem die Frage nach einer nochmaligen Teilnahme an einem Training in der Helix-Arena. Mit 29 Personen wollten insgesamt 88 Prozent an weiteren Trainingseinheiten teilnehmen, lediglich vier Personen nach Schlaganfall würden darauf verzichten.

Für das Feedback der offenen Frage werden exemplarisch drei Zitate aufgeführt:

- „Helix macht einfach mehr Spaß und motiviert dementsprechend“
- „Kontrolltraining war sehr eintönig und langweilig“
- „PC war hilfreich, aber Helix war viel besser. Geschwindigkeit und Aufmerksamkeit sind bei mir gestiegen“

Das Feedback in Bezug auf die Helix-Arena ist generell sehr positiv und vielversprechend. Der Spaßfaktor kann einen enormen Einfluss auf die Motivation während der Rehabilitation haben, was einen großen Einfluss auf den generellen Rehabilitationserfolg hat. Zudem spricht der positive Effekt in einem der TAP-Subtest für ein Training in

der Helix-Arena zusätzlich zum normalen Rehabilitationsalltag. Mit Hilfe von Anpassungen und weiterer Forschung kann die Helix-Arena ein spannendes und vielversprechendes Trainingsgerät werden.

### 5.3 Sensoren

Die Sensoren wurden eingesetzt, um herausfinden zu können, inwiefern potentielle Ergebnisse in der Helix-Arena zustande kommen. Zudem sollte ein Überblick gewonnen werden, wie sich die Teilnehmenden in der Helix-Arena bewegen. Aufgrund der Theorielage über motorische Einschränkungen von Personen nach Schlaganfall (Langhorne et al., 2011) wären Veränderungen in Bewegungsabläufen von T0 zu T1 in der EG erwartbar gewesen. Die Durchführung des Trainings in der Helix-Arena (Teilnehmende der EG) erfordert aufgrund der 360 Grad Umgebung eine Bewegung des ganzen Körpers. Bisherige Studien in der Helix-Arena haben die Bewegungen des Körpers beziehungsweise des Kopfes oder Rumpfes nicht analysiert, sodass hierfür keine Studienlage vorliegt.

Im Allgemeinen kann resümiert werden, dass die Sensoren alle zufriedenstellend angebracht werden konnten und die Teilnehmenden sich nicht in ihren Bewegungen eingeschränkt fühlten.

Leider konnten aus der ersten Studie keine brauchbaren Daten gewonnen werden, sodass keine Aussagen über die Bewegungen von gesunden Teilnehmenden in der Helix-Arena möglich waren. Aus der zweiten Studie konnten Daten gewonnen werden, die hinsichtlich verschiedener Aspekte untersucht wurden. Hierbei wurde verglichen, inwiefern sich die Geschwindigkeit der Kopfbewegungen sowie die Anzahl der Kopfbewegungen zwischen den Gruppen unterscheidet. Bei beiden Aspekten konnte kein Unterschied festgestellt werden. Sowohl bei der Anzahl als auch der Geschwindigkeit der Kopfbewegungen unterschied sich nicht, ob in der Helix-Arena oder am PC trainiert wurde. Eine Aufteilung der Stichprobe je nach Lokalisation des Schlaganfalls war nicht möglich, dies hätte zu geringen Stichprobengrößen geführt. Eine Verschiebung auf eine spezifische Seite oder eine Anpassung wäre vorstellbar gewesen. Die Auswertung der Sensordaten hat auch hier keine Ergebnisse ergeben (siehe Abbildung 7). Ergänzend wurde der Unterschied zwischen Kopf- und Brustbewegungen untersucht (Lag). Auch hier konnten bei den Parametern keine Unterschiede zwischen den Gruppen und auch keine Unterschiede in Bezug auf die Lokalisation des Schlaganfalls gefunden werden.

Zwar ergeben sich statistisch signifikante unterschiedliche Effekte in einem Teil der Sensoren, diese sind aber entweder auf die Tendenz der Trials zurückzuführen und inkohärent. Einzig der Kopfsensor zeigt einen Effekt für die Betrachtung aller Teilnehmenden unabhängig vom Interventionsstatus.

Eine Analyse der Übersichtsplots ergibt aber keine schlüssige Begründung/Muster und wird daher dem Zufall zugeschrieben.

Für die dominante Bewegungsrichtung ergeben sich keine Unterschiede, allerdings ist eine Tendenz ab Trial Index 19 erkennbar, bei der sich die Dominanz in einer der beiden Richtungen abschwächt. Vermutlich ist dies auf die höhere Geschwindigkeit der Avatare zurückzuführen. Eine Analyse der Bewegungsrichtungen der Avatare in den Trials ab 19 ergibt aber keinen Aufschluss darüber, dass hier die Objektverfolgung der Avatare auch in eine schlüssige Bewegung der Sensoren übersetzt.

Ein Vergleich der Bewegungsmuster zwischen Gesunden und Personen nach Schlaganfall wäre wünschenswert gewesen, konnte durch die Datenlage allerdings nicht realisiert werden.

Zusammenfassend lässt sich im Hinblick auf die Ergebnisse der TAP sagen, dass diese nicht durch motorische Unterschiede im Bewegungsablauf des Kopfes oder Rumpfes zu erklären sind, sondern sich scheinbar ausschließlich auf einen Trainingseffekt der Aufmerksamkeit in der Helix-Arena beziehen lassen. Dieses Ergebnis verstärkt den Effekt der Helix-Arena in Bezug auf Aufmerksamkeitsparameter. Allerdings müssen diese Ergebnisse unter Vorbehalt betrachtet werden, denn es ist davon auszugehen, dass zum einen die Gruppengröße zu gering ist, um Ergebnisse in den Unterkategorien herausfinden zu können und zum anderen die Sensitivität des Trainings nicht ausreicht. Hierfür hätte das Training eine höhere Anzahl an Kopf- und Körperbewegungen im Allgemeinen aufweisen müssen.

Dennoch scheint eine Untersuchung in diese Richtung nicht nur für eine gesunde Stichprobe, sondern auch für eine Stichprobe von Personen nach Schlaganfall ein interessantes Forschungsgebiet zu sein. Die Helix-Arena bietet aufgrund ihrer 360 Grad Umgebung und der Möglichkeit verschiedenste Trainingsversionen zu spielen, optimale Bedingungen, um detaillierte in die Analyse der Körperbewegungen während eines Trainings zu gehen. Aufschluss darüber zu gewinnen, wie sich möglicherweise Personen nach Schlaganfall und gesunde Teilnehmende in ihren Bewegungsabläufen unterscheiden, könnte ein großer Mehrwert für individuelleres und detaillierteres Training während der Rehabilitation sein.

## 5.4 Limitationen

Limitationen, die das allgemeine Studiendesign betreffen, beziehen sich vor allem auf das spezifische Design. Hiermit ist beispielsweise das PC-Training der KG zu nennen, für das für die bessere Vergleichbarkeit eine adaptive Trainingsversion sinnvoll gewesen wäre. Zudem wurden hier Quadrate verfolgt und keine Avatare.

In Bezug auf die Testungen zu T0 und T1 wäre eine zusätzliche Analyse der Ergebnisse einer Diagnostik-Version des Trainings am PC interessant gewesen. Gegebenenfalls hätte dies zusätzliche Aufschlüsse bringen können. Bei der Analyse der Reaktionszeiten ist zu beachten, dass der Fokus auf die Geschwindigkeit der Ausführung nicht explizit betont wurde.

Die Ergebnisse beider Studien lässt vermuten, dass die Diagnostik-Version gegebenenfalls etwas zu leicht war. Das Training war durch die adaptive Version adäquat. Das hier entwickelte Verfolgungstraining wurde als adäquates Training für Personen nach Schlaganfall in der Helix-Arena entwickelt. Dieses muss für alle zu bewältigen sein, darf nicht zu einfach sein und gleichzeitig nicht zu Überforderung führen. Eine größere Variation des Schwierigkeitsgrads für zukünftige Forschungsprojekte kann für weitergehende Schlussfolgerungen hilfreich sein. Über den Zeitraum des Trainings kann diskutiert werden, eventuell sind mehr als vier Trainingseinheiten notwendig. Auch dies kann in folgenden Untersuchungen variiert werden. Bei der statistischen Analyse wurde aufgrund der Ausrichtung der Studie (Pilotstudie) nicht für multiples Testen korrigiert.

### 5.4.1 Studie 1

Limitationen der ersten Studie betreffen, wie oben bereits erwähnt die Schwierigkeit des Trainings, wobei dieser Punkt unter Berücksichtigung des Ziels der ersten Studie vernachlässigt werden kann. Zudem würde eine größere Stichprobe gegebenenfalls zu verlässlicheren Ergebnissen führen, auch wenn unter den genannten Voraussetzungen die vorliegende Stichprobe für die gewünschten Ergebnisse ausreichend ist.

### 5.4.2 Studie 2

In Bezug auf die zweite Studie kann limitierend aufgeführt werden, dass die Stichprobe einen höheren Männer- als Frauenanteil aufgewiesen hat. Dies konnte aufgrund der eingeschränkten Auswahl an Personen nach Schlaganfall nicht ausgeglichen werden.

Aufgrund des hohen Aufwandes der Studie und des Versuches einer ersten Etablierung ist die Stichprobengröße ausreichend, eine größere Stichprobe hätte eventuell zu mehr und aussagekräftigeren Ergebnisse geführt.

Wie bereits oben erwähnt, war der Zeitraum der Studie im Rehabilitationsprozess der Personen nach Schlaganfall zugleich ein positiver und negativer Faktor. Hier könnte eine genauere Betrachtung des Rehabilitationstrainings während der Studienteilnahme mehr Effekte in Bezug auf die Helix-Arena hervorbringen.

#### 5.4.2.1 Limitationen Sensoren Studie 2

Nicht geladene Batterien, Störfelder in der Helix-Arena, die unvollständige Daten produziert haben, Synchronisationsfehler der beiden Sensoren, oder der Sensoren mit der Basisstation, Samplingfehler der Sensoren, Datenverarbeitung der Rohdaten basierend auf MS Excel, problematische Anbringung der Sensoren, Materialfehler in der Gehäusequalität, welche zu Torsionen des Gehäuses und der Platine führen können. Änderungen in den Umgebungsbedingungen, wie Temperatur oder Luftfeuchtigkeit, ggf. Wärmestau durch körpernahe und wiederholte Tragweise könnten die Sensoren außerhalb der technisch spezifizierten Betriebsbedingungen gebracht haben. Unzulängliche standardisierte Verfahren bei den erhebenden Personen können zu variierenden Bedingungen geführt haben.

Die Befestigung der Sensoren an Brust und Kopf kann nicht vollständig fest erfolgen. Durch Mikrobewegungen, bspw. der Bekleidung oder durch den Pulsschlag des Herzens, können Artefakte oder Störsignale in die Rohdaten eingebracht werden, die im Rahmen der Auswertung nicht kontrolliert werden konnten.

### 5.5 Fazit

Generell kann resümiert werden, dass die Forschungsziele erreicht werden konnten. Die Einteilung in zwei Studien war sinnvoll. Dadurch konnte anhand einer „gesunden“ Stichprobe sichergestellt werden, dass das Training und das Studiendesign funktioniert und erste Ergebnisse über die Effekte des Helix-Trainings abgeleitet werden. Danach konnte die Studie mit zusätzlicher Sicherheit und Routine an einer Stichprobe von Personen nach Schlaganfall durchgeführt werden. Die Auswahl der KG kann in Hinblick auf den Rehabilitationsalltag mit viel PC-Training als gelungen bewertet werden. Auch die Anwendung des Verfolgungstrainings als eine initiale Forschungsstudie in der Helix-Arena an Personen nach Schlaganfall ist sinnvoll gewesen. Für zukünftige Forschungen sind hier einige Anpassungen und Erweiterungen denkbar.

Die erzielten Ergebnisse in Bezug auf Aufmerksamkeit und Affekt lassen ein vorsichtig optimistisches Fazit zu. Die Helix-Arena ist in Bezug auf eine neurologische Stichprobe ein sehr spannendes Trainingstool. Hierbei sind auch keine Limitationen in Bezug auf das Alter zu erwarten, da alle Teilnehmenden das Training erfolgreich absolvieren konnten. Diese Annahmen werden durch die subjektiven Berichte der Personen nach Schlaganfall bestärkt.

Der Schlaganfall ist eine der schwerwiegendsten Erkrankungen und betrifft viele Menschen aus allen Bevölkerungsschichten. Forschung in diesem Bereich ist enorm wichtig und hilfreich. Die Helix-Arena ist ein Trainingsgerät, welches in Zukunft die Möglichkeiten an Trainingsmethoden erweitern kann und somit einen Beitrag auf dem langwierigen Weg zum erfolgreichen Rehabilitationsprozess leisten kann.

## 5.6 Ausblick

Das Resümee dieser ersten Forschungsarbeit mit der Helix-Arena in Bezug auf eine neurologische Stichprobe verspricht zahlreiche vielversprechende Entwicklungsmöglichkeiten für die Zukunft. Die aktuelle Forschung über den Einsatz von VR in der Rehabilitation nach einem Schlaganfall zeigt einen Nutzen von VR vor allem dann, wenn es zusätzlich zur konventionellen Therapie eingesetzt wurde. Der Einsatz von VR als Ergänzung zur Alltagstherapie erscheint sinnvoll (Laver et al., 2017). Eine Studie von Matys-Popiekska et al. (2024) zeigte Verbesserungen der Reaktionszeit und der Motivation von Personen nach Schlaganfall nach einem VR-Training. Blickt man auf die aktuelle Literaturlage und die aktuelle Forschungsarbeit, dann sind Parallelen zu erkennen. Weitere Forschung, auch im Kontext der Helix-Arena kann weiteren Mehrwert liefern.

Eine Anpassung des Trainings scheint eine sinnvolle Weiterentwicklung für zukünftige Forschung zu sein. Hier bietet die Helix-Arena eine Reihe verschiedenster Möglichkeiten. Beispielsweise kann überlegt werden, ein adaptiertes Multiple Object Tracking-Training zu verwenden (Merkel et al., 2020). Auch kann der Einfluss einer veränderten Gestaltung der Avatare diskutiert werden (Kammler-Sücker et al., 2021). Gegebenenfalls kann ein Repertoire an Trainingsversionen, die auf eine neurologische Stichprobe abgestimmt sind, erstellt werden und dann individuell auf den Leistungsstand der Betroffenen angewendet werden.

Zudem kann eine Ausweitung des Trainingsumfangs von vier Trainingseinheiten auf mehrere Einheiten sinnvoll sein. Die Interventionsdauer hat sich bereits in einzelnen Studien als entscheidend herausgestellt (Rose Sin Yi et al., 2024).

Auch die Einflüsse und Benefits für Personen nach Schlaganfall, die sich nicht mehr in einem stationären Prozess befinden, könnten spannend zu analysieren sein.

Des Weiteren können weitere Modalitäten zusätzlich zu Affekt und Aufmerksamkeit betrachtet werden, auch hier kann die Helix-Arena von großem Nutzen sein. So wäre eine detailliertere Betrachtung der Kopf- und Bewegungsparameter mittels Sensoren sowohl bei einer gesunden- als auch bei einer Stichprobe von Personen nach Schlaganfall sehr spannend und könnte vielversprechende Ergebnisse liefern.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel dieser Studien war es, die Verwendung eines für den Sportbereich entwickelten Trainingsgerätes (Helix-Arena) in Bezug auf die Rehabilitation von Personen nach Schlaganfall zu testen. Die Helix-Arena ist ein kreisrunder Raum, in dem mit Hilfe von Projektoren eine kontinuierliche 360° Projektion möglich ist. Ziel der Studie war es, die Wirkung eines Aufmerksamkeits-Trainings auf die Aufmerksamkeitsleistung und das Wohlbefinden in der Helix-Arena im Vergleich zu einem Standardtraining zu evaluieren. In einer ersten Studie (Studie 1) an 34 gesunden Teilnehmenden wurden die Trainingsmodalitäten geprüft und Trainingseffekte untersucht. Nach erfolgreichem Abschluss der ersten Studie wurde die zweite Studie mit 33 Personen nach Schlaganfall (Studie 2) durchgeführt. Der Versuchsablauf war bei beiden Studien identisch. Die Teilnehmenden durchliefen insgesamt sechs Termine über zwei Wochen hinweg, wobei vor und nach dem Training Aufmerksamkeitsleistungen und affektive Variablen untersucht wurden. Dazwischen wurden vier Trainingseinheiten absolviert. Ein spezielles Verfolgungstraining wurde entweder in der Helix-Arena (Experimentalgruppe, N = 19 Studie 1, N = 17 Studie 2) oder am PC (Kontrollgruppe, N = 15 Studie 1, N = 16 Studie 2) durchgeführt. Als abhängige Variablen wurden zu den Prä- und Post-Messungen Aufmerksamkeitsfunktionen mit Subtests der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) getestet. Zudem wurde der Einfluss des Trainings auf den allgemeinen Affekt mit dem Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) vor und nach jeder Trainingseinheit abgefragt. Es konnten signifikante Verbesserungen der Reaktionszeit in Subtests der TAP von Prä- zu Post-Messung für Teilnehmende der EG gefunden werden. Diese Verbesserungen traten in beiden Studien auf. Zudem konnte in Studie 1 eine signifikante Verbesserung des positiven Affekts für Teilnehmende der EG gefunden werden. Dieser Effekt konnte in Studie 2 nur als Tendenz nicht aber als signifikanter Effekt beobachtet werden. Zusammenfassend lässt sich ableiten, dass die Helix-Arena Potential in der Rehabilitation von Personen nach Schlaganfall hat. Die Berichte der Teilnehmenden waren positiv und zeigen, welcher Mehrwert durch die Helix-Arena während der neurologischen Rehabilitation in Bezug auf Motivation und gesteigerte Teilnahme hergestellt werden kann. Mit weiteren Anpassungen könnte der neurologische Rehabilitationsprozess von der Eingliederung eines solchen Gerätes profitieren.

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

- Aminov, A., Rogers, J. M., Middleton, S., Caeyenberghs, K. & Wilson, P. H. (2018). What do randomized controlled trials say about virtual rehabilitation in stroke? A systematic literature review and meta-analysis of upper-limb and cognitive outcomes. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0370-2>
- Anderson, A. P., Mayer, M. D., Fellows, A. M., Cowan, D. R., Hegel, M. T. & Buckey, J. C. (2017). Relaxation with immersive natural scenes presented using virtual reality. *Aerospace medicine and human performance*, 88(6), 520-526. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4747.2017>
- Arsava, E. M., Rahman, R., Rosand, J., Lu, J., Smith, E. E., Rost, N. S., Singhal, A. B., Lev, M. H., Furie, K. L., Koroshetz, W. J., Sorensen, A. G. & Ay, H. (2009). Severity of leukoaraiosis correlates with clinical outcome after ischemic stroke. *Neurology*, 72(16), 1403-1410. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181a18823>
- Barnes, G. R. & Asselman, P. (1991). The mechanism of prediction in human smooth pursuit eye movements. *The Journal of physiology*, 439(1), 439-461. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1991.sp018675>
- Bauer, A. C. M. & Andringa, G. (2020). The Potential of Immersive Virtual Reality for Cognitive Training in Elderly. *Gerontology*, 66(6), 614-623. <https://doi.org/10.1159/000509830>
- Baumann, O. & Greenlee, M. W. (2009). Effects of Attention to Auditory Motion on Cortical Activations during Smooth Pursuit Eye Tracking. *PLoS ONE*, 4(9), e7110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007110>
- Beange, K. H., Chan, A. D. & Graham, R. B. (2018). Evaluation of wearable IMU performance for orientation estimation and motion tracking. 2018 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA),
- Berges, I.-M., Seale, G. & Ostir, G. V. (2011). Positive affect and pain ratings in persons with stroke. *Rehabilitation Psychology*, 56(1), 52. <https://doi.org/10.1037/a0022683>
- Berges, I.-M., Seale, G. S. & Ostir, G. V. (2012). The role of positive affect on social participation following stroke. *Disability and rehabilitation*, 34(25), 2119-2123. <https://doi.org/10.3109/09638288.2012.673684>
- Berkovits, I., Hancock, G. R. & Nevitt, J. (2000). Bootstrap resampling approaches for repeated measure designs: Relative robustness to sphericity and normality violations. *Educational and Psychological Measurement*, 60(6), 877-892. <https://doi.org/10.1177/00131640021970961>

- Bourgeois, A., Schnider, A., Turri, F. & Ptak, R. (2023). Virtual Reality in the Rehabilitation of Cognitive Impairment after Stroke. *Clinical and Translational Neuroscience*, 7(1), 3. <https://doi.org/10.3390/ctn7010003>
- Breyer, B. & Bluemke, M. (2016). Deutsche version der positive and negative affect schedule PANAS (GESIS panel). <https://doi.org/10.6102/ZIS242>
- Brimelow, R. E., Dawe, B. & Dissanayaka, N. (2020). Preliminary Research: Virtual Reality in Residential Aged Care to Reduce Apathy and Improve Mood. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 23(3), 165-170. <https://doi.org/10.1089/cyber.2019.0286>
- Buczak-Stec, E., König, H.-H. & Hajek, A. (2020). Impact of stroke on affective well-being: findings from a large longitudinal nationally representative study. *Aging & Mental Health*, 24(12), 2006-2013.
- Busch, M. A., Schienkiewitz, A., Nowossadeck, E. & Gößwald, A. (2013). Prävalenz des Schlaganfalls bei Erwachsenen im Alter von 40 bis 79 Jahren in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 56(5-6), 656-660. <https://doi.org/10.1007/s00103-012-1659-0>
- Carver, C. S., Scheier, M. F. & Johnson, S. L. (2014). Origins and functions of positive affect: A goal regulation perspective. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199926725.003.0003>
- Chan, J. Y., Chan, T. K., Wong, M. P., Cheung, R. S., Yiu, K. K. & Tsoi, K. K. (2020). Effects of virtual reality on moods in community older adults. A multicenter randomized controlled trial. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 35(8), 926-933. <https://doi.org/10.1002/gps.5314>
- Choe, Y.-W. & Kim, M.-K. (2021). Could Self-Control and Emotion Influence Physical Ability and Functional Recovery after Stroke? *Medicina*, 57(10), 1042. <https://doi.org/10.3390/medicina57101042>
- Cicerone, K. D., Dahlberg, C., Kalmar, K., Langenbahn, D. M., Malec, J. F., Bergquist, T. F., Felicetti, T., Giacino, J. T., Harley, J. P. & Harrington, D. E. (2000). Evidence-based cognitive rehabilitation: recommendations for clinical practice. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81(12), 1596-1615. <https://doi.org/10.1053/apmr.2000.19240>
- Cicerone, K. D., Dahlberg, C., Malec, J. F., Langenbahn, D. M., Felicetti, T., Kneipp, S., Ellmo, W., Kalmar, K., Giacino, J. T. & Harley, J. P. (2005). Evidence-based cognitive rehabilitation: updated review of the literature from 1998 through 2002. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86(8), 1681-1692. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.03.024>
- Cooper, J. (2012). *Cognitive dissonance theory* (Bd. 1).

- Cramer, S. C., Richards, L. G., Bernhardt, J. & Duncan, P. (2023). Cognitive deficits after stroke. *Stroke*, 54(1), 5-9. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.122.041775>
- Crawford, J. R. & Henry, J. D. (2004). The Positive and Negative Affect Schedule (PANAS): Construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical sample. *British Journal of Clinical Psychology*, 43(3), 245-265. <https://doi.org/10.1348/0144665031752934>
- Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V. & Hart, J. C. (1992). The CAVE: Audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*, 35(6), 64-73. <https://doi.org/10.1145/129888.129892>
- Cumming, T. B., Marshall, R. S. & Lazar, R. M. (2013). Stroke, Cognitive Deficits, and Rehabilitation: Still an Incomplete Picture. *International Journal of Stroke*, 8(1), 38-45. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2012.00972.x>
- De Vries, S. & Mulder, T. (2007). Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 39(1), 5-13. <https://doi.org/10.2340/16501977-0020>
- Demeco, A., Zola, L., Frizziero, A., Martini, C., Palumbo, A., Foresti, R., Buccino, G. & Costantino, C. (2023). Immersive virtual reality in post-stroke rehabilitation: a systematic review. *Sensors*, 23(3), 1712. <https://doi.org/10.3390/s23031712>
- Der, G. & Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychology and aging*, 21(1), 62. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.1.62>
- Domínguez-Téllez, P., Moral-Muñoz, J. A., Salazar, A., Casado-Fernández, E. & Lucena-Antón, D. (2020). Game-Based Virtual Reality Interventions to Improve Upper Limb Motor Function and Quality of Life After Stroke: Systematic Review and Meta-analysis. *Games for Health Journal*, 9(1), 1-10. <https://doi.org/10.1089/g4h.2019.0043>
- Dong, W., Yan, B., Johnson, B. P., Millist, L., Davis, S., Fielding, J. & White, O. B. (2013). Ischaemic stroke: the ocular motor system as a sensitive marker for motor and cognitive recovery. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 84(3), 337-341. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2012-303926>
- Ehmann, P., Beavan, A., Spielmann, J., Ruf, L., Mayer, J., Rohrmann, S., Nuß, C. & Englert, C. (2021). 360-multiple object tracking in team sport athletes: Reliability and relationship to visuospatial cognitive functions. *Psychology of Sport and Exercise*, 55, 101952. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.101952>
- Faria, A. L., Andrade, A., Soares, L. & Badia, S. B. (2016). Benefits of virtual reality based cognitive rehabilitation through simulated activities of daily living: a randomized controlled trial with stroke patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0204-z>

- Feria, C. S. (2013). Speed has an effect on multiple-object tracking independently of the number of close encounters between targets and distractors. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 75, 53-67. <https://doi.org/10.3758/s13414-012-0369-x>
- Frijda, N. H. (2001). *The nature of pleasure*.
- Galluci, L. & Umarova, R. M. (2021). Kognitive Defizite und Demenz nach Schlaganfall. <https://doi.org/10.1024/0040-5930/a001278>
- Gamito, P., Oliveira, J., Coelho, C., Morais, D., Lopes, P., Pacheco, J., Brito, R., Soares, F., Santos, N. & Barata, A. F. (2017). Cognitive training on stroke patients via virtual reality-based serious games. *Disability and rehabilitation*, 39(4), 385-388. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.934925>
- Goghari, V. M. & Lawlor-Savage, L. (2018). Self-perceived benefits of cognitive training in healthy older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10, 112.
- Graf, J., Kulke, H., Sous-Kulke, C., Schupp, W. & Lautenbacher, S. (2011). Auswirkungen eines Aufmerksamkeitstrainings auf die aphasische Symptomatik bei Schlaganfallpatienten. *Zeitschrift für Neuropsychologie*. <https://doi.org/10.1024/1016-264X/a000027>
- Hackett, M. L. & Pickles, K. (2014). Part I: Frequency of Depression after Stroke: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *International Journal of Stroke*, 9(8), 1017-1025. <https://doi.org/10.1111/ijjs.12357>
- Heide, W., Kurzidim, K. & Kömpf, D. (1996). Deficits of smooth pursuit eye movements after frontal and parietal lesions. *Brain*, 119(6), 1951-1969. <https://doi.org/10.1093/brain/119.6.1951>
- Heuschmann, P. U., Busse, O., Wagner, M., Endres, M., Villringer, A., Röther, J., Kolominsky-Rabas, P. & Berger, K. (2010). Frequency and care of stroke in Germany. *Aktuelle Neurologie*, 37(07), 333-340. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248611>
- Holcombe, A. O. & Chen, W.-Y. (2012). Exhausting attentional tracking resources with a single fast-moving object. *Cognition*, 123(2), 218-228. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.10.003>
- Hyndman, D. & Ashburn, A. (2003). People with stroke living in the community: Attention deficits, balance, ADL ability and falls. *Disability and rehabilitation*, 25(15), 817-822. <https://doi.org/10.1080/096382803100012221>
- Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Malouin, F., Richards, C. & Doyon, J. (2001). Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(8), 1133-1141. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.24286>

- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J. & Shah, P. (2011). Short-and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(25), 10081-10086. <https://doi.org/10.1073/pnas.1103228108>
- Jehkonen, M., Ahonen, J. P., Dastidar, P., Koivisto, A. M., Laippala, P., Vilkki, J. & Molnar, G. (2000). Visual neglect as a predictor of functional outcome one year after stroke. *Acta Neurologica Scandinavica*, 101(3), 195-201. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0404.2000.101003195.x>
- Kammler-Sücker, K. I., Löffler, A., Kleinböhl, D. & Flor, H. (2021). Exploring virtual doppelgangers as movement models to enhance voluntary imitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 29, 2173-2182.
- Karamians, R., Proffitt, R., Kline, D. & Gauthier, L. V. (2020). Effectiveness of virtual reality-and gaming-based interventions for upper extremity rehabilitation poststroke: a meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 101(5), 885-896. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.10.195>
- Katan, M. & Luft, A. (2018). Global Burden of Stroke. *Seminars in Neurology*, 38(02), 208-211. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1649503>
- Keller, I., Lefin-Rank, G., Lösch, J. & Kerkhoff, G. (2009). Combination of pursuit eye movement training with prism adaptation and arm movements in neglect therapy: a pilot study. *Neurorehabilitation and neural repair*, 23(1), 58-66. <https://doi.org/10.1177/1545968308317438>
- Khan, A., Podlasek, A. & Somaa, F. (2023). Virtual reality in post-stroke neurorehabilitation—a systematic review and meta-analysis. *Topics in stroke rehabilitation*, 30(1), 53-72. <https://doi.org/10.1080/10749357.2021.1990468>
- Knecht, S., Hesse, S. & Oster, P. (2016). Rehabilitation nach Schlaganfall. *Deutsches Ärzteblatt*. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2011.0600>
- Krauzlis, R. J. (2004). Recasting the smooth pursuit eye movement system. *Journal of neurophysiology*, 91(2), 591-603. <https://doi.org/10.1152/jn.00801.2003>
- Krohne, H. W., Egloff, B., Kohlmann, C.-W. & Tausch, A. (1996). Untersuchungen mit einer deutschen version der" positive and negative affect schedule"(PANAS). *Diagnostica-Göttingen-*, 42, 139-156. <https://doi.org/10.1037/t49650-000>
- Lam, Y. S., Man, D. W., Tam, S. F. & Weiss, P. L. (2006). Virtual reality training for stroke rehabilitation. *NeuroRehabilitation*, 21(3), 245-253.
- Langhorne, P., Bernhardt, J. & Kwakkel, G. (2011). Stroke rehabilitation. *The Lancet*, 377(9778), 1693-1702. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60325-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60325-5)
- Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G. & Crotty, M. (2017). Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(11).

- Leclercq, M. & Zimmermann, P. (2002). *Applied neuropsychology of attention: theory, diagnosis and rehabilitation*. Psychology Press.
- Lee, Y., Nicholas, M. L. & Connor, L. T. (2023). Identifying emotional contributors to participation post-stroke. *Topics in stroke rehabilitation*, 30(2), 180-192. <https://doi.org/10.1080/10749357.2021.2008597>
- Lesch, H., Schoenfeld, M. A. & Merkel, C. (2020). Functional dissociation of multiple-object tracking mechanisms based on hemispheric asymmetries. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 38(6), 443-453. <https://doi.org/10.3233/RNN-201048>
- Lezak, M. D., Howieson, D. B. & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, USA.
- Lin, C., Ren, Y. & Lu, A. (2023). The effectiveness of virtual reality games in improving cognition, mobility, and emotion in elderly post-stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Review*, 46(1), 167. <https://doi.org/10.1007/s10143-023-02061-w>
- Liszio, S. (2021): *Relaxation, Distraction, and Fun: Improving Well-being in Situations of Acute Emotional Distress with Virtual Reality*. Med. Dissertation. Medizinische Fakultät Mannheim, Universität Heidelberg. 10.17185/duepublico/74774
- Loetscher, T., Potter, K.-J., Wong, D. & Das Nair, R. (2019). Cognitive rehabilitation for attention deficits following stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd002842.pub3>
- Maggio, M. G., Latella, D., Maresca, G., Sciarrone, F., Manuli, A., Naro, A., De Luca, R. & Calabò, R. S. (2019). Virtual reality and cognitive rehabilitation in people with stroke: an overview. *Journal of Neuroscience Nursing*, 51(2), 101-105. <https://doi.org/10.1097/JNN.0000000000000423>
- Matys-Popiełska, K., Popiełski, K., Matys, P. & Sibilska-Mroziewicz, A. (2024). Immersive Virtual Reality Application for Rehabilitation in Unilateral Spatial Neglect: A Promising New Frontier in Post-Stroke Rehabilitation. *Applied Sciences*, 14(1), 425.
- Merkel, C., Hopf, J.-M. & Schoenfeld, M. A. (2017). Spatio-temporal dynamics of attentional selection stages during multiple object tracking. *Neuroimage*, 146, 484-491. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.10.046>
- Merkel, C., Hopf, J.-M. & Schoenfeld, M. A. (2020). How to perceive object permanence in our visual environment: The multiple object tracking paradigm. *Spatial learning and attention guidance*, 157-176. [https://doi.org/10.1007/7657\\_2019\\_28](https://doi.org/10.1007/7657_2019_28)
- Mitchell, A. J., Kemp, S., Benito-León, J. & Reuber, M. (2010). The influence of cognitive impairment on health-related quality of life in neurological disease.

*Acta Neuropsychiatica*, 22(1), 2-13. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5215.2009.00439.x>

Moulaei, K., Sharifi, H., Bahaadinbeigy, K. & Dinari, F. (2024). Efficacy of virtual reality-based training programs and games on the improvement of cognitive disorders in patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC psychiatry*, 24(1), 116. <https://doi.org/10.1186/s12888-024-05563-z>

Nys, G., Van Zandvoort, M., Van Der Worp, H., De Haan, E., De Kort, P., Jansen, B. & Kappelle, L. (2006). Early cognitive impairment predicts long-term depressive symptoms and quality of life after stroke. *Journal of the neurological sciences*, 247(2), 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2006.04.005>

Page, S. J. (2001). Mental practice: a promising restorative technique in stroke rehabilitation. *Topics in stroke rehabilitation*, 8(3), 54-63. <https://doi.org/10.1310/7WDU-2P4U-V2EA-76F8>

Parong, J. & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>

Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L. G., Brasil-Neto, J. P., Cammarota, A. & Hallett, M. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of neurophysiology*, 74(3), 1037-1045. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.74.3.1037>

Paulich, M., Schepers, M., Rudigkeit, N. & Bellusci, G. (2018). Xsens MTw Awinda: Miniature wireless inertial-magnetic motion tracker for highly accurate 3D kinematic applications. *Xsens: Enschede, The Netherlands*, 1-9.

Polley, D. B., Steinberg, E. E. & Merzenich, M. M. (2006). Perceptual Learning Directs Auditory Cortical Map Reorganization through Top-Down Influences. *The Journal of Neuroscience*, 26(18), 4970-4982. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.3771-05.2006>

Posner, M. I. & Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological review*, 78(5), 391. <https://doi.org/10.1037/h0031333>

Reed, A. E. & Carstensen, L. L. (2012). The theory behind the age-related positivity effect. *Frontiers in psychology*, 3, 339.

Riches, S., Azevedo, L., Bird, L., Pisani, S. & Valmaggia, L. (2021). Virtual reality relaxation for the general population: a systematic review. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 56(10), 1707-1727. <https://doi.org/10.1007/s00127-021-02110-z>

Rimmele, D. L. & Thomalla, G. (2022). Langzeitfolgen von Schlaganfällen. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 65(4), 498-502. <https://doi.org/10.1007/s00103-022-03505-2>

- Robertson, I. H. & Murre, J. M. (1999). Rehabilitation of brain damage: brain plasticity and principles of guided recovery. *Psychological bulletin*, 125(5), 544. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.5.544>
- Robertson, I. H., Ridgeway, V., Greenfield, E. & Parr, A. (1997). Motor recovery after stroke depends on intact sustained attention: a 2-year follow-up study. *Neuropsychology*, 11(2), 290. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.11.2.290>
- Roche, K., Liu, S. & Siegel, S. (2019). The effects of virtual reality on mental wellness: A literature review. *Mental Health and Family Medicine*, 14, 811-818.
- Rockstroh, C., Blum, J. & Göritz, A. S. (2019). Virtual reality in the application of heart rate variability biofeedback. *International Journal of Human-Computer Studies*, 130, 209-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.06.011>
- Röhrling, S., Kulke, H., Reulbach, U., Peetz, H. & Schupp, W. (2004). Effectivity of a neuropsychological training in attention functions by a teletherapeutic setting. *J Neurol Rehabil*, 10, 239-246.
- Rose Sin Yi, L., Jing Jing, S., Hammoda, A. O., Jonathan, B., Ladislav, B. & Jing, Q. (2024). Effects of virtual reality-based cognitive interventions on cognitive function and activity of daily living among stroke patients: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Nursing*. <https://doi.org/10.1111/jocn.16986>
- Rupp, M. A., Odette, K. L., Kozachuk, J., Michaelis, J. R., Smither, J. A. & McConnell, D. S. (2019). Investigating learning outcomes and subjective experiences in 360-degree videos. *Computers & Education*, 128, 256-268. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.015>
- Ryan, R. M., Rigby, C. S. & Przybylski, A. (2006). The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach. *Motivation and Emotion*, 30(4), 344-360. <https://doi.org/10.1007/s11031-006-9051-8>
- Schutte, N. S. (2020). The impact of virtual reality on curiosity and other positive characteristics. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(7), 661-668. <https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1676520>
- Seale, G. S., Berges, I.-M., Ottenbacher, K. J. & Ostir, G. V. (2010). Change in positive emotion and recovery of functional status following stroke. *Rehabilitation Psychology*, 55(1), 33. <https://doi.org/10.1037/a0018744>
- Sharma, N., Pomeroy, V. M. & Baron, J.-C. (2006). Motor Imagery. *Stroke*, 37(7), 1941-1952. <https://doi.org/10.1161/01.str.0000226902.43357.fc>
- Shipstead, Z., Redick, T. S. & Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological bulletin*, 138(4), 628. <https://doi.org/10.1037/a0027473>
- Slater, M. (2003). A note on presence terminology. *Presence connect*, 3(3), 1-5.

- Stevens, J. A. & Stoykov, M. E. P. (2003). Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84(7), 1090-1092. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(03\)00042-x](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(03)00042-x)
- Sturm, W. (1996). Evaluation in therapeutical contexts: Attentional and neglect disorders. *European Review of Applied Psychology/Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 46(3), 207-214.
- Sturm, W. (2005). *Aufmerksamkeitsstörungen*. Hogrefe Verlag GmbH & Company KG.
- Sturm, W., Fimm, B., Cantagallo, A., Cremel, N., North, P., North, P., Passadore, A., Pizzamiglio, L., Pizzamiglio, L. & Rousseaux, M. (2003). Specific computerized attention training in stroke and traumatic brain-injured patients. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 14(4), 283-292.
- Sturm, W., Longoni, F., Weis, S., Specht, K., Herzog, H., Vohn, R., Thimm, M. & Willmes, K. (2004). Functional reorganisation in patients with right hemisphere stroke after training of alertness: a longitudinal PET and fMRI study in eight cases. *Neuropsychologia*, 42(4), 434-450.
- Sutcliffe, A. G., Poullis, C., Gregoriades, A., Katsouri, I., Tzanavari, A. & Herakleous, K. (2019). Reflecting on the design process for virtual reality applications. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(2), 168-179. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1443898>
- Truelsen, T., Piechowski-Jozwiak, B., Bonita, R., Mathers, C., Bogousslavsky, J. & Boysen, G. (2006). Stroke incidence and prevalence in Europe: a review of available data. *European Journal of Neurology*, 13(6), 581-598. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2006.01138.x>
- van Zomeren, A. H. & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. Oxford University Press, USA.
- Watson, D. & Tellegen, A. (1985). Toward a consensual structure of mood. *Psychological bulletin*, 98(2), 219. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.98.2.219>
- Witmer, B. G. & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7(3), 225-240. <https://doi.org/10.1145/985921.985934>
- Wu, Y., Lim, J. & Yang, M.-H. (2013, 2013). Online Object Tracking: A Benchmark.
- Zhong, D., Chen, L., Feng, Y., Song, R., Huang, L., Liu, J. & Zhang, L. (2021). Effects of virtual reality cognitive training in individuals with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 36(12), 1829-1847. <https://doi.org/10.1002/gps.5603>
- Zimmermann, P. & Fimm, B. (2021). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung:(TAP)*, Version 2.3.1. Psytest.

Zoccolotti, P., Matano, A., Deloche, G., Cantagallo, A., Passadore, A., Leclercq, M., Braga, L., Cremel, N., Pittau, P. & Renom, M. (2000). Patterns of attentional impairment following closed head injury: A collaborative European study. *Cortex*, 36(1), 93-107. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70839-6](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70839-6)

## 8 TABELLARISCHER ANHANG

### 8.1 Fragebogen Studie 1

#### 8.1.1 Demographische Variablen Studie 1

##### Demographische Variablen Studie 1

\* Erforderlich

1. Code:

1. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihrer Mutter (Lisa = L)
2. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihres Vaters (Mark = M)
3. Der Tag an dem Sie geboren sind (12.10.1990 = 12) \*

2. Geschlecht \*

- weiblich  
 männlich  
 divers

3. Alter \*

4. Haben Sie ein Studium abgeschlossen? \*

- Ja  
 Nein

5. Beruf \*

6. Tragen Sie eine Brille/Kontaktlinsen? \*

- Ja, kurzsichtig  
 Ja, weitsichtig  
 Nein

## Tabellarischer Anhang

---

7. Haben sie schon einmal einen Schlaganfall erlitten? \*

- Ja  
 Nein

8. Wenn Ja, wann war das ?

9. Leiden Sie an einer psychischen Erkrankung oder haben Sie einmal an einer psychischen Erkrankung gelitten? \*

- Ja  
 Nein

10. Wenn Ja, wann war das und um welche handelt es sich?

---

Dieser Inhalt wurde von Microsoft weder erstellt noch gebilligt. Die von Ihnen übermittelten Daten werden an den Formulareigentümer gesendet.

 Microsoft Forms

## 8.1.2 Feedback Fragebogen Studie 1

### Feedback Fragebogen Studie 1

Um die Einheiten weiter zu optimieren, würden wir Sie gerne um eine kurze Rückmeldung bitten. Die Daten werden anonym erhoben und ausgewertet, so dass Sie Ihre ehrliche, persönliche Meinung angeben können, ohne dass eine Zuordnung der Angaben auf Sie erfolgen kann.

\* Erforderlich

**1. Code:**

1. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihrer Mutter (Lisa = L)
2. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihres Vaters (Mark = M)
3. Der Tag an dem Sie geboren sind (12.10.1990 = 12) \*

**2. Aussagen zur Zufriedenheit \***

	Auf gar keinen Fall			Auf jeden Fall
Die inhaltlichen Aufgaben waren ansprechend und interessant gestaltet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die graphische Umsetzung der Aufgabe war gut gelöst	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die zeitliche Dauer der Trainingseinheit /en war in einem angenehmen Rahmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, die Trainingseinheit hilft mir meine Wahrnehmung im Alltag zu verbessern	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Trainingseinheit motiviert mich, meine beste Leistung zu zeigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Würden Sie weiteren Trainingseinheit en in der Helix durchführen wollen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**3. Weitere Anmerkungen**

## 8.2 Fragebogen Studie 2

### 8.2.1 Demographische Variablen Studie 2

#### Demographische Variablen Studie 2

\* Erforderlich

**1. Code:**

1. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihrer Mutter (Lisa = L)
2. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihres Vaters (Mark = M)
3. Der Tag an dem Sie geboren sind (12.10.1990 = 12)

**2. Geschlecht \***

- weiblich
- männlich
- divers

**3. Alter \***

**4. Beruf \***

**5. Tragen Sie eine Brille/Kontaktlinsen? \***

- Ja, kurzsichtig
- Ja, weitsichtig
- Ja, kurz- und weitsichtig
- Nein

**6. Weshalb sind Sie bei den Kliniken Schmieder in Behandlung? \***

**7. Haben sie schon einmal einen Schlaganfall erlitten? \***

- Ja
- Ja, mehrere
- Nein

**8. Wenn Ja, wann war das? \***

## Tabellarischer Anhang

---

9. Beschreiben Sie bitte den Grad Ihrer Einschränkung (aus Ihrer Sicht) \*

10. Wie lange befinden Sie sich schon in Behandlung in den Kliniken Schmieder? \*

11. Wieviel Erfahrung haben Sie mit verschiedenen Trainingseinheiten in der neurologischen Rehabilitation? \*

12. Leiden Sie an einer psychischen Erkrankung oder haben Sie einmal an einer psychischen Erkrankung gelitten? \*

Ja

Nein

13. Wenn Ja, wann war das und um welche handelt es sich?

---

Dieser Inhalt wurde von Microsoft weder erstellt noch gebilligt. Die von Ihnen übermittelten Daten werden an den Formulareigentümer gesendet.

 Microsoft Forms

## 8.2.2 Körperliches Befinden Studie 2

### Körperliches Befinden Studie2

1. **Code:**

1. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihrer Mutter (Lisa = L)
2. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihres Vaters (Mark = M)
3. Der Tag an dem Sie geboren sind (12.10.1990 = 12)

2. Wie groß sind Sie (in cm)?

3. Wie viel wiegen Sie (in kg)?

4. Haben Sie aktuell Verletzungen die Sie einschränken (z.B. Fuß, Knie, Rücken, Nacken)

5. Sind Sie gerade verspannt?

- Ja, sehr
- Ja, ein bisschen
- Nein

6. Haben Sie gerade Kopfschmerzen?

- Ja, sehr
- Ja, ein bisschen
- Nein

---

Dieser Inhalt wurde von Microsoft weder erstellt noch gebilligt. Die von Ihnen übermittelten Daten werden an den Formulareigentümer gesendet.

 Microsoft Forms

### 8.2.3 Feedback Fragebogen Studie 2

#### Feedback Fragebogen Studie 2

Um die Einheiten weiter zu optimieren, würden wir Sie gerne um eine kurze Rückmeldung bitten. Die Daten werden anonym erhoben und ausgewertet, so dass Sie Ihre ehrliche, persönliche Meinung angeben können, ohne dass eine Zuordnung der Angaben auf Sie erfolgen kann.

\* Erforderlich

##### 1. Code:

1. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihrer Mutter (Lisa = L)
2. Der Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihres Vaters (Mark = M)
3. Der Tag an dem Sie geboren sind (12.10.1990 = 12) \*

##### 2. Aussagen zur Zufriedenheit \*

	Auf gar keinen Fall			Auf jeden Fall
Die inhaltlichen Aufgaben waren ansprechend und interessant gestaltet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die graphische Umsetzung der Aufgabe war gut gelöst	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die zeitliche Dauer der Trainingseinheit /en war in einem angenehmen Rahmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, die Trainingseinheit hilft mir meine Wahrnehmung im Alltag zu verbessern	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Trainingseinheit motiviert mich, meine beste Leistung zu zeigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Würden Sie weitere Trainingseinheit en in der Helix durchführen wollen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Tabellarischer Anhang

---

### 3. Weitere Anmerkungen

### 4. \*

	Leichter		Schwieriger		
Wenn Sie bereits andere Übungen im Rahmen Ihrer Behandlung in der Klinik durchgeführt haben, wie gut waren die hier gestellten Aufgaben im Vergleich zu den Aufgaben in der Klinik zu lösen?	<input type="radio"/>				

### 5. \*

	Leicht		Schwierig		
Wie schätzen Sie den <u>Schwierigkeitsgrad</u> der Einheit ein?	<input type="radio"/>				

### 6. Frage \*

	Leicht		Schwierig		
Wie <u>anstrengend</u> empfinden Sie die Einheit hier?	<input type="radio"/>				

### 7. Beschreiben Sie bitte den Grad Ihrer Einschränkung (aus Ihrer Sicht) \*

### 8. Welche Therapien werden aktuell (Zeitraum der Intervention) durchgeführt? \*

### 9. Welche PC-Trainings werden aktuell (Zeitraum der Intervention) durchgeführt? \*

## 9 LEBENSLAUF

### PERSONALIEN

Name und Vorname: Sellner, Tabea geb. Waßmuth

Geburtsdatum: 25.08.1996

Geburtsort: Gießen

### SCHULISCHER WERDEGANG

2006 – 2014 Otto-Hahn-Gymnasium Karlsruhe

26.05.2014 Abitur

### UNIVERSITÄRER WERDEGANG

2015 - 2018 Psychologie B.Sc.  
Universität Mannheim  
Bachelorarbeit: „Emotionsregulation bei der Darbietung negativer Geräusche und der Einfluss von Augenbewegungen: Eine Eyetracking Studie“

12.07.2018 Bachelor of Science (Note: 2.2)

2018 - 2020 Klinische und Kognitive Psychologie M.Sc.  
Universität Mannheim

Masterarbeit: „Multimodale Emotionsverarbeitung: Die Zusammenhänge von interpersoneller Berührung, interpersoneller Emotionsregulation und der Verarbeitung visueller Stimuli“

31.07.2020 Master of Science (Note: 1.3)

2021 - jetzt Gastwissenschaftlerin Zentralinstitut für Seelische Gesundheit Mannheim

### PUBLIKATIONEN

In Begutachtung

**Sellner, T.**, Ehmann, P., Spielmann, J., Gogolla, F., Rösgen, A. K., Mayer, J., ... & Flor, H. (2025). Visual tracking of a moving target in 360-degree virtual reality: Analysis of the effects on attention and mood. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3876356/v1>

In Vorbereitung

**Sellner, T.**, Ehmann, P., Spielmann, J., Gogolla, F., Rösgen, A. K., Mayer, J., ... & Flor, H. (2025). Visual tracking of a moving target in 360-degree virtual reality: Analysis of the effects on attention and mood in stroke patients.

## 10 DANKSAGUNG

Zuallererst möchte ich mich in aller Form bei Prof. Dr. Dr. h.c. Dr. h.c. Herta Flor für die tolle Unterstützung und die umfassende Betreuung bedanken. Ich bin sehr dankbar, dass Sie mir als Betreuerin jederzeit zur Seite standen und diese Promotion ermöglicht haben.

Zudem möchte ich mich bei Jan Spielmann, Dr. Paul Ehmann, Ann-Kathrin Rösgen, Falk Gogolla und Prof. Dr. Jan Mayer sowie allen anderen Mitarbeitenden des TSG ResearchLab bedanken. Vielen Dank, dass ich die Möglichkeit hatte, dieses Projekt umzusetzen und die große Unterstützung, die ich auch über den Ortswechsel hinaus erhalten habe. Das hat es mir ermöglicht, meine beiden Karrieren weiter vorantreiben zu können. Ebenso möchte ich mich bei allen Praktikanten und Praktikantinnen für die Hilfe bei der Durchführung der Studie bedanken.

Vielen Dank auch an Prof. Dr. Mircea Ariel Schoenfeld und die Kliniken Schmieder Heidelberg für die fachliche Expertise und Unterstützung des Projektes. Ohne diese wäre das Projekt nicht möglich gewesen. Danke auch an Peter-Wolfgang Meyer für die Unterstützung bei der Rekrutierung der Personen nach Schlaganfall.

Ohne die Teilnahme aller Probanden und Probandinnen sowie aller Personen nach Schlaganfall wäre all dies nicht möglich gewesen. Deswegen möchte ich mich auf diesem Wege für das Engagement und die Teilnahme bedanken.

Des weiteren möchte ich mich bei Dr. Cornelius Kammler-Sücker, Dr. Nicole Beyer, Dr. Dieter Kleinböhl, Dr. Maren Prignitz und allen weiteren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Neuropsychologie und psychologische Resilienzforschung des ZI's bedanken, welche zu jeder Zeit alle meine Fragen beantworteten und mich so unterstützen.

Zuletzt gilt mein Dank meiner Familie für die uneingeschränkte Unterstützung zu jeglicher Tageszeit. Vielen Dank an meine Eltern, Britta und Volker, für das unzählige diskutieren von Fragen und das unermüdliche Korrekturlesen. Vielen Dank an meine Tante Anke, die für den letzten Feinschliff gesorgt hat. Vielen Dank an meinen Bruder Bjarne, dass du immer für mich da bist. Vielen Dank an Barbara Heise für das wertvolle Feedback aus der Praxis.

Der größte Dank gilt meinem Mann Jan, der mich und meine Launen in allen Momenten ausgehalten hat. Der mich immer und überall unterstützt hat und mir immer das Gefühl gegeben hat, dass ich das schaffe. Der mir den Rücken freigehalten und mir den Raum zum Arbeiten gegeben hat, egal wie spät oder wie lange. Keine Worte dieser Welt können ausdrücken wie dankbar ich dir dafür bin. Meinem Sohn Paul möchte ich dafür danken, dass er mir immer wieder neue Motivation und Energie gegeben hat und mir immer wieder ein Lächeln auf die Lippen gezaubert hat.