

Aus dem Funktionsbereich für Digitale Zahnmedizin – Okklusions-  
und Kaufunktionstherapie

(Leiter: Prof. Dr. Bernd Kordaß)

Der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnheilkunde  
und medizinische Werkstoffkunde

(Direktor: Prof. Dr. Reiner Biffar)

Des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

(Direktor: Prof. Dr. Karl-Friedrich Krey)

der Universitätsmedizin der Universität Greifswald

**Klinische Studie zu den Effekten bestimmter computergestützter  
Übungsabläufe auf die Trainierbarkeit kranio-mandibulärer  
Bewegungsabläufe**

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Zahnmedizin

(Dr. med. dent.)

der

Universitätsmedizin

der

Universität Greifswald

2022

vorgelegt von  
Susanne Christina Funke  
geb. am 16.01.1997  
in Berlin

Dekan: Prof. Dr. Karlhans Endlich  
1. Gutachter: Prof. Dr. Bernd Kordaß  
2. Gutachter: Prof. Dr. Alfons Hugger  
Ort, Raum: Greifswald, Hörsaal des ZZMK Greifswald  
Tag der Disputation: 24.11.2022

# Inhalt

1	Einleitung	6
2	Literaturübersicht	7
2.1	Anatomie und Funktion des kranio-mandibulären Systems	7
2.2	Störungen des kranio-mandibulären Systems	10
2.3	Kranio-mandibuläre Dysfunktion (CMD)	11
2.3.1	Epidemiologie und Ätiologie	11
2.3.2	Diagnose- und Screeningtechniken	15
2.3.3	Therapie	17
3	Zielsetzung	21
4	Material und Methode	23
4.1	Probandengut	23
4.2	Ein- und Ausschlusskriterien	23
4.3	Versuchsdurchführung / Studienablauf	24
4.3.1	Zeitlicher Ablauf	24
4.3.2	Feedbackebenen	30
4.4	Versuchstechnik	31
4.4.1	Jaw Motion Analyser+	31
4.4.2	Dental Software Winjaw+	33
4.4.3	Übungsprogramme für den JMA+	34
4.5	Datenerhebung	37
4.6	Statistische Methoden	37
4.7	Hinweise zu den Bezeichnungen	39
5	Ergebnisse	40
5.1	Probandenkollektiv	40
5.2	Beispielfall	41
5.3	Übungsspiel Snake	45
5.3.1	Gesamtes Probandenkollektiv	45
5.3.2	Untergruppen für Geschlechter	45

5.3.3	Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit _____	46
5.4	Trainingsprogramm Zielscheibe, Bewegungspräzision ____	48
5.4.1	Gesamtes Probandenkollektiv _____	48
5.4.2	Untergruppen für Geschlechter _____	53
5.4.3	Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit _____	59
5.5	Trainingsprogramm Zielscheibe, Bewegungsgleichförmigkeit _____	63
5.5.1	Gesamtes Probandenkollektiv _____	64
5.5.2	Untergruppen für Geschlechter _____	69
5.5.3	Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit _____	71
5.6	Feedback _____	75
5.6.1	Gesamtes Probandenkollektiv _____	75
5.6.2	Untergruppen für Geschlechter _____	78
5.6.3	Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit _____	83
5.7	Lieblingsgeschwindigkeiten _____	88
5.7.1	Gesamtes Probandenkollektiv _____	88
5.7.2	Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit _____	89
5.7.3	Relation zur frei gewählten Zwischenstopps- Geschwindigkeit _____	90
6	Diskussion _____	92
6.1	Diskussion der Methode _____	92
6.2	Diskussion der Ergebnisse _____	95
6.2.1	Trainingsprogramm Zielscheibe, Bewegungspräzision _	96
6.2.2	Trainingsprogramm Zielscheibe, Bewegungsgleichförmigkeit _____	98
6.2.3	Trainingsprogramm Zielscheibe, Feedback _____	101
6.2.4	Trainingsprogramm Zwischenstopps, Lieblingsgeschwindigkeiten _____	105
6.2.5	Trainingsprogramm Snake _____	106

6.3	Zusammenfassung der Ergebnisse_____	106
6.4	Evidenz und Einheitlichkeit der Behandlungsansätze _____	109
6.5	Ausblick und praktische Anwendung_____	110
7	Schlussfolgerungen_____	112
8	Zusammenfassung _____	114
9	Literaturverzeichnis _____	116
10	Abbildungsverzeichnis _____	130
11	Tabellenverzeichnis_____	134
12	Anhang_____	141
12.1	Tabellen zum Beispielfall P24 _____	141
12.2	Tabellen zur Übung Zielscheibe _____	144
12.3	Messprotokoll _____	199
	Eidesstattliche Erklärung_____	210
	Lebenslauf _____	211
	Danksagung _____	212

# 1 Einleitung

Das kranio-mandibuläre System des Menschen ist von vielschichtigem Aufbau und durch eine komplexe Funktionsweise charakterisiert. Die Inzidenz von Beschwerden im Kiefer- und Gesichtsbereich ist weltweit steigend. Ursachen dafür sind multifaktoriell zu suchen; ebenso zahlreich stellen sich verschiedene Therapieansätze dar. Eine vielversprechende Therapieoption sind bewegungskoordinierende Übungen, beispielsweise im Rahmen einer Physiotherapie, um Patient\*innen Linderung zu verschaffen. Zur genauen Wirkweise derselben und den Auswirkungen auf das kranio-mandibuläre System fehlen zuverlässige und vergleichbare Daten. Daher soll mit dieser Studie zunächst ein gesundes Probandenkollektiv untersucht werden, um gesicherte Informationen zu gewinnen, die in späteren Untersuchungen auf kiefergelenkserkrankte Personen angewendet werden können. Mithilfe eines elektronischen Bewegungsregistriersystems und drei eigens dafür programmierten Übungsspielen soll in dieser zugrundeliegenden Untersuchung die Ausführung sowie der Erfolg von Bewegungsübungen für den Unterkiefer aufgezeichnet und messbar gemacht werden. Mithilfe verschiedener Parameter, die zur Auswertung der Unterkieferbewegung herangezogen wurden, können die Bewegungskoordination hinsichtlich der Bewegungspräzision und die Bewegungsgleichförmigkeit genauer untersucht werden. Diese Arbeit soll zusätzlich untersuchen, welche Geschwindigkeiten sinnvoll sein könnten, mit denen Kieferübungen durchgeführt werden. Schließlich wird die Studie durch verschiedene Feedbackebenen spezifiziert, auf denen die subjektiven Erfahrungen der Teilnehmenden erfasst werden sollen. Mit diesen Erkenntnissen wird angestrebt, zukünftig attraktive und moderne Therapiemöglichkeiten entwickeln zu können, anhand derer sich Übungs- bzw. Therapieerfolge messen und dokumentieren lassen.

## 2 Literaturübersicht

Im Folgenden soll ein Überblick über die Literatur zu Übungen des kranio-mandibulären Systems gegeben werden. Dabei sollen die anatomischen Grundlagen und Funktion, Funktionsstörungen und Therapiemöglichkeiten desselben dargestellt werden.

### 2.1 Anatomie und Funktion des kranio-mandibulären Systems

Die Funktion des kranio-mandibulären Systems besteht in erster Linie in der Nahrungsaufnahme und -zerkleinerung sowie der Kommunikation durch Sprechen. Auch an der Atmung ist eine Mitbeteiligung gegeben.

Das kranio-mandibuläre System bildet die Grundlage für den funktionellen Teil des Mundes. Dieser fungiert als Ort der Nahrungsaufnahme und -zerkleinerung und damit als oberstes Organ der Verdauung. Beteiligt an diesen Prozessen sind sowohl hartgewebige als auch weichgewebige Grundlagen.

Die Knochen des kranio-mandibulären Systems sind namensgebend, das Cranium (dt. Schädel) bildet den kranialen Teil der Articulatio temporomandibularis (dt. Kiefergelenk) mit der Fossa mandibularis, welche ventral bzw. anterior in das Tuberculum articulare übergeht. Beide werden zum Os temporale, seiner Pars articularis, gezählt. Die Mandibula (dt. Unterkiefer) bildet den kaudalen Teil des Kiefergelenkes und artikuliert mit dem Caput mandibulae des Processus condylaris (dt. Kondylus) in die oben genannten Strukturen.<sup>1</sup> Der Begriff „Kondylus“, welcher eigentlich aus Collum mandibulae und Caput mandibulae (dt. Kondylusköpfchen) besteht, wird meist synonym für Letzteres verwendet.

Weitere hartgewebige Grundlage des kranio-mandibulären Systems ist der Discus articularis (dt. Diskus) aus Faserknorpel. Dieser befindet

sich zwischen Cranium und Mandibula und teilt das Kiefergelenk gewissermaßen in ein oberes und unteres Kiefergelenk.<sup>2</sup>

Weichgewebige Grundlagen des kranio-mandibulären Systems stellen die funktionellen und beweglichen Aufgaben des kranio-mandibulären Systems sicher. Die Gelenkkapsel umschließt das obere und untere Kiefergelenk. Sie stabilisiert zusammen mit dem Bandapparat den Diskus und Kondylusköpfchen nach medial und lateral, ermöglicht aber eine kombinierte Dreh-Gleit-Bewegung des Kondylusköpfchens nach anterior-kaudal als essentielle Voraussetzung für eine Mundöffnung.

Den für eine Mundöffnung bzw. -schluss notwendigen Krafteinfluss auf artikulierende Strukturen vermitteln die beteiligten Muskeln und Bänder. Die paarigen Kaumuskeln M. masseter, M. temporalis und der M. pterygoideus medialis bewirken insgesamt einen Mund- bzw. Kieferschluss. Einzig der M. pterygoideus lateralis besitzt Fasern, die am Collum mandibulae ansetzen sowie teils in den Diskus einstrahlen<sup>3</sup> und bei Kontraktion eher eine Öffnungsbewegung unterstützen.<sup>2</sup>

*Tab. 1: Kaumuskeln und ihre Funktion*

Muskel	Verursachte Bewegungen
M. masseter	Adduktion, (Laterotrusion)
M. temporalis	Adduktion, Retrusion
M. pterygoideus medialis	Adduktion, Protrusion, Mediotrusion
M. pterygoideus lateralis	Protrusion (bei bilat. Kontr.), Mediotrusion und Adduktion (bei unilat. Kontr.)



Die infra- und suprahyoidale Muskulatur bei Fixation des Zungenbeins stellen indirekt den Mund öffnende Muskeln dar (s. einschlägige Literatur der Kopf-Hals-Anatomie).

Bei der Öffnung des Kiefers kommt es zu einer kombinierten Dreh-Gleit-Bewegung. Zunächst rotieren die Kondylusköpfchen um ca.  $15^\circ$  um ihre eigene Achse nach anterior. Dies bewirkt eine initiale Mundöffnung (Drehen). Bei weiterer Öffnung müssen die paarigen Kondylusköpfchen auf dem Diskus aus der Fossa articularis auf das Tuberculum articulare heraufgleiten (Gleiten). Dies unterstützen die Mm. pterygoidei laterales bei Kontraktion. Bei der Gleitbewegung nach ventral kommt es zu einer weiteren Rotationsbewegung über die anfänglichen  $15^\circ$ .<sup>4, 5</sup>

Für den Kieferschluss erfolgt diese Bewegung rückläufig. Zunächst müssen Kondylus und Diskus zusammen wieder in die Fossa articularis gleiten, um dann mit der finalen Drehung der Kondylusköpfchen um die eigenen Achse den vollständigen Kieferschluss herbeizuführen. Die Kaumuskeln Mm. masseteris, Mm. temporales und Mm. pterygoidei mediales unterstützen aktiv die kaudodorsale körperliche Bewegung der Mandibula. Die Rückverlagerung des Diskus articularis wird passiv durch die elastischen Fasern des retroartikulären Polsters, welches sich dorsal des Diskus anschließt, sichergestellt.<sup>2, 4</sup>

Neben den genannten anatomischen Strukturen gibt es viele weitere, u.a. Bänder, die die funktionellen Zusammenhänge stabilisieren oder unterstützen. Aus Gründen der Komplexität soll an dieser Stelle auf die genaue Ausführung derer verzichtet werden. Bewegen sich beide Kondylen gemeinsam nach ventral (auch möglich ohne eine deutliche Rotation zur Kieferöffnung), nennt man diese Bewegung Protrusion des Unterkiefers.

Bewegen sich nicht beide Processus condylares gleichmäßig, sondern bewegt sich nur ein Kondylus aus der Fossa mandibularis heraus (schwingender Kondylus) und der andere verbleibt in seiner

Position (ruhender Kondylus), kommt es zu einer Auslenkung des Unterkiefers zu der ruhenden Seite. Diese Bewegung nennt man Laterotrusion.

Zu den möglichen, ausführbaren Standard- und Grenzbewegungen des Unterkiefers im Inzisalbereich geben Kordaß et al. einen Normwert für eine Laterotrusion nach rechts von ca. 8,6 mm an.<sup>6</sup>

## 2.2 Störungen des kranio-mandibulären Systems

Wenn die Komponenten des kranio-mandibulären Systems anatomisch oder funktionell fehlerhaft zusammenarbeiten, kann es zu Störungen der oben genannten Abläufe kommen. Diese Störungen gehen zum Teil mit Beschwerden für die betroffenen Patient\*innen mit Funktionseinbußen bzw. kranio-mandibulären Befunden einher. Treten Funktionsfehler mit beeinträchtigenden Symptomen wie z.B. Schmerzen auf, gibt es vielen Patient\*innen Anlass, sich damit an eine Zahnärztin oder einen Zahnarzt zu wenden. Dabei können zwei Krankheitsbilder besonders häufig beobachtet werden: Die kranio-mandibuläre Dysfunktion (CMD) und der Bruxismus. Der Begriff des Bruxismus' beschreibt klassischerweise das Aufeinanderpressen bzw. Knirschen von beiden Kiefern; das Anspannen der Kaumuskulatur ohne Zahnkontakt wird ebenfalls unter diesem Begriff geführt. Die kranio-mandibuläre Dysfunktion und der Bruxismus können sich gegenseitig bedingen, müssen aber nicht zwingend miteinander assoziiert sein.<sup>7-10</sup>

## 2.3 Kraniomandibuläre Dysfunktion (CMD)

Die kraniomandibuläre Dysfunktion wurde erstmals 1981 von Schulte et al. als Myo-Arthro-Okkluso-Neuro-Psycho-Pathie beschrieben.<sup>11</sup>

Aus diesem Begriff lässt sich ableiten, dass es sich bei der kraniomandibulären Dysfunktion um ein Syndrom handelt, welches multifaktoriell bedingt und sehr unterschiedlich ausgeprägt auftreten kann.

Die Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFD) hat die „Craniomandibuläre Dysfunktion (CMD)“ durch Schmerz und/oder Dysfunktion definiert. Bei dem Schmerz handle es sich um einen „Kaumuskel- und/oder Kiefergelenkschmerz sowie [...] (para)funktionell bedingte[n] Zahnschmerz“, die Dysfunktion könne als dolente oder indolente Limitation, „Hypermobilität oder Koordinationsstörung“ der Unterkieferbeweglichkeit, als „intraartikuläre[] Störung“ oder als „die Funktion störende[] Vorkontakte[] und Gleithindernisse[]“ auftreten.<sup>12</sup>

Begrifflich ist von der „CMD“ die „TMD“ abzugrenzen. Dieser Begriff wird überwiegend im englischsprachigen Raum verwendet und steht für „temporomandibuläre Dysfunktion“. Im Vergleich zur CMD lässt die TMD die Okklusion als Ursache für die Beschwerden außer Acht.<sup>12</sup>

### 2.3.1 Epidemiologie und Ätiologie

In der Literatur finden sich unterschiedliche Zahlen zur Prävalenz der kraniomandibulären Störungen in der Bevölkerung.

In der Auswertung verschiedener weltweit angelegter Studien zeigen Maini et al. in ihrem Review eine hohe Prävalenz für mindestens ein TMD-Symptom in der Gesamtbevölkerung mit einem Wert von 39,2%. Frauen seien im Erwachsenenalter häufiger betroffen.<sup>13</sup>

Wiesner berichtet über ein Gesamtprävalenzintervall eines Schmerzes im Bereich der Kiefergelenke oder der Kaumuskulatur von 4 – 12 %. Er thematisiert unter anderem, dass die Daten über absolute Zahlen aus verschiedenen Studien immer unter dem Aspekt unterschiedlicher Studiendesigns sowie -durchführungen betrachtet werden müssten.<sup>14</sup>

Zu der Ätiologie und den begünstigenden Prävalenzfaktoren der kranio-mandibulären Dysfunktion gibt es eine Vielzahl von aktuellen Untersuchungen.

Banafa et al. beschreiben ein weibliches Geschlecht, einen niedrigen Bildungsstand und eine früh auftretende Druckdolenz der Kaumuskulatur als Prävalenzfaktoren für ein späteres Auftreten von palpatorischen Kiefergelenksschmerzen nach 11 Jahren in der finnischen Bevölkerung.<sup>15</sup>

Eine Häufigkeitssteigerung für das Auftreten einer TMD durch weibliches Geschlecht und steigendes Alter beschreiben auch Tonin et al. Als häufigsten Begleitbefund in ihrer Untersuchung zeigte sich eine Diskusverlagerung mit Reposition.<sup>16</sup>

Die Arbeitsgruppe der Universität Leipzig um Rauch et al. charakterisiert die Patient\*innen, die in der Spezialsprechstunde vorstellig wurden; über 70% der Patient\*innen waren weiblich, bei ca. einem Drittel aller vorstelligen Patient\*innen konnte klinisch keine eindeutige TMD-Diagnose gestellt werden. Die häufigsten Gründe zur Vorstellung waren orofaziale bzw. Kiefergelenksschmerzen und Kopfschmerzen.<sup>17</sup>

Lai et al. beschreiben ebenfalls eine deutlich höhere Prävalenz für Frauen, eine TMD auszubilden. In ihrer Untersuchung wurde auch der Einfluss einer Malokklusion als begünstigender Faktor diskutiert.<sup>18</sup>

Die Arbeitsgruppe um Jedynak et al. liefert Hinweise auf eine mögliche wechselseitige Beziehung von hormonellen Störungen bei Frauen und dem Auftreten einer TMD.<sup>19</sup>

Die bei okklusalen Disharmonien oder Zahnlosigkeit in der Kaumuskulatur gemessenen, stärker ausgeprägten Stilleperioden diskutieren auch Goiato et al. als Ausdruck einer kaufunktionalen Dysbalance.<sup>20</sup>

In einer Untersuchung von Frauen mit chronischer TMD-Myalgie mittels EMG zeigen Valentino et al. eine abnorme, gesteigerte Kaumuskelaktivität im Vergleich zu der Kontrollgruppe.<sup>21</sup>

Auch der Zusammenhang zahnärztlicher und kieferorthopädischer Behandlungen wird häufig diskutiert. Mitirattanakul et al. konnten eine größere Einschränkung ihrer Lebensqualität für Probanden zeigen, welche glaubten, eine zahnärztliche Behandlung sei verantwortlich für ihre Beschwerden.<sup>22</sup>

Explizit die Rolle einer Kieferorthopädiebehandlung diskutieren auch Kirschneck et al. und kommen zu dem Schluss, dass es keine Evidenz für die Begünstigung der Ausbildung einer CMD nach einer kieferorthopädischen Behandlung gäbe. Im Gegenteil, die Autoren beschreiben einen therapeutischen Nutzen einer solchen Behandlung bei der Prävention von Kiefergelenksproblemen.<sup>23</sup>

Auch Kirschneck und Proff schreiben, dass eine kieferorthopädische Behandlung als „CMD-neutral“ einzustufen sei.<sup>24</sup>

Zu dem Schluss, dass kein Zusammenhang zwischen einem feststehenden KFO-Gerät und dem zeitnahen Auftreten einer TMD innerhalb von sechs Monaten gezogen werden könne, kommen auch Giray et al.<sup>25</sup>

Die Rolle der Kieferorthopädie in der Prävention der CMD in funktioneller, ästhetischer und psychologischer Wirkweise - insbesondere auch bei Kindern - beschreiben auch Benhabib-Damerdji et al.<sup>26</sup>

Kürzlich veröffentlichte die Arbeitsgruppe um Emodi-Perlman et al. eine in Israel durchgeführte Studie zum Einfluss von Nutzung eines Smartphones mit permanenter Internetanbindung auf eine erhöhte

Häufigkeit der Manifestation einer TMD, eines Bruxismus, eines schlechteren Nachtschlafes und vermehrter Tagesmüdigkeit.<sup>27</sup> Zum Auftreten einer TMD bei jungen Menschen führen Nilsson et al. eine Verdreifachung der Häufigkeit von TMD bei jungen Erwachsenen auf, wenn diese schon als Jugendliche an TMD gelitten haben. Zudem prädestiniere eine anhaltende TMD für komorbide Schmerzen.<sup>28</sup>

Campi et al. charakterisieren das Risiko für eine zentrale Schmerzsensibilisierung über die steigende Häufigkeit von schmerzhaften Punkten und niedrigen Druckschmerzschwellen und damit einhergehenden, häufigeren temporomandibulären Dysfunktionen bei Jugendlichen.<sup>29</sup>

In der Untersuchung von Dodic wurde bei Studierenden der Uni Belgrad eine Vielzahl von CMD-Fällen meist leichter Ausprägungen festgestellt.<sup>30</sup>

Die Inzidenz der CMD bei Studierenden im Laufe des Zahnmedizinstudiums waren auch Gegenstand der Untersuchung von Benassi et al. Die Autor\*innen konnten einen Anstieg der Inzidenz vom ersten zum neunten Semester feststellen und führten dies auf die progrediente psychische Stressbelastung im Studium zurück.<sup>31</sup>

Den Zusammenhang von Stress bzw. Angst und dem Wachstum bzw. der Aktivität der Mm. masseteris bei Zahnmedizinstudent\*innen stellten auch Owczarek et al. dar.<sup>32</sup>

Die Assoziation von Stress und einer TMD beschreiben auch Park et al. in ihrer Arbeit. Bei Frauen konnten sie sogar einen Verbindung von TMD zu Suizidgedanken ziehen.<sup>33</sup>

Dass mit einer kranio-mandibulären Dysfunktion, insbesondere den damit assoziierten Schmerzen, eine eingeschränkte Lebensqualität und psychische Gesundheit einhergehe, wurde zahlreich in der Literatur beschrieben.<sup>34-38</sup>

Eine vorhandene kraniomandibuläre Dysfunktion begünstige zudem das Auftreten von Kopfschmerzen<sup>39</sup>, von Schmerzen im Zervikalbereich<sup>40</sup> und eines Tinnitus<sup>41</sup>.

Weitere begünstigende Risikofaktoren für das Ausbilden einer CMD seien eine Kiefergelenkhypermobilität<sup>42</sup>, Kiefergelenksentzündung<sup>43</sup>, posttraumatische Belastungsstörung<sup>44</sup>, lumbale Rückenschmerzen<sup>45</sup>, rheumatoide Arthritis<sup>46</sup>, ein unausgeglichenes Darmmikrobiom<sup>47</sup> und das Spielen von einigen Musikinstrumenten<sup>48</sup>.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass man die kraniomandibuläre Dysfunktion nicht als monokausales Syndrom betrachten kann, sondern vielmehr ein multifaktorielles Ätiologiemodell heranziehen muss, um die auslösenden und begünstigenden Faktoren beachten zu können.<sup>49</sup>

### 2.3.2 Diagnose- und Screeningtechniken

Um die kraniomandibuläre Dysfunktion im zahnärztlichen Alltag diagnostizieren zu können, hat sich ein CMD-Kurzscreening nach Ahlers und Jakstat etabliert, welches auch in unserer Untersuchung Anwendung fand.<sup>50</sup>

2020 hat die DGFDT ein CMD-Screening entwickelt, welches auf sehr ähnlichen Befunden beruht.<sup>51</sup> Wenn im Kurzscreening eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine CMD auffällig wird, sollte eine genauere und ausführliche Funktionsdiagnostik entsprechend dem klinischen Funktionsstatus der DGFDT durchgeführt werden.<sup>52</sup>

International hat sich ein Untersuchungsprotokoll etabliert, mithilfe dessen erhobene Befunde benannt werden können: die Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD). Jene Kriterien wurden in die deutsche Sprache übersetzt und können ebenso angewendet werden.<sup>53</sup> Diese Systematisierung sieht Befunde aus zwei Achsen vor: die Achse I erfasst die somatischen Ergebnisse einer körperlichen, objektiven Untersuchung<sup>54</sup>; mithilfe der Achse II

können auch die psychosozialen, subjektiven Erfahrungen der Patient\*innen mit der CMD<sup>55, 56</sup> abgebildet werden.

Einen sehr praxisorientierten Diagnostikansatz beschreibt Reißmann: Nach seiner Meinung reiche die Frage „Haben Sie Schmerzen in der rechten Gesichtshälfte, in der linken oder in beiden?“ als Kurzscreening aus, da sich trotz positiver körperlicher Befunde mit der Verneinung der genannten Frage keine Therapierelevanz ableite. Bei Bejahung können indikationsspezifisch ausführlichere Fragebögen zum genaueren Erfassen der Beschwerden, z.B. mithilfe des Graded Chronic Pain Scale (GCPS) zur Anwendung kommen.<sup>57</sup> Für die bisher genannten Diagnostikmethoden gilt, sie sind immer zu einem gewissen Teil untersucherabhängig und nicht vollständig objektivierbar. Deshalb können bildgebende Verfahren genutzt werden, um die anatomischen Gelenksstrukturen in der erweiterten Diagnostik klar darstellen zu können. Für die Bildgebung knöcherner Strukturen eignet sich die Röntgendiagnostik, für die des Weichgewebes sollte man auf die Magnetresonanztomographie (MRT) zurückgreifen.<sup>58</sup>

Liu et al. schreiben über die Textur des M. pterygoideus lateralis in einer T2-gewichteten MRT als Biomarker für eine TMD-Diagnose.<sup>59</sup> Des Weiteren steht mit der Echtzeit-MRT eine für Patient\*innen schnellere und damit weniger anstrengende sowie dynamische Möglichkeit der Bildgebung des Kauapparates zur Verfügung und kann als Goldstandard derselben laut Bürgers et al. angesehen werden.<sup>60</sup>

Hinsichtlich anderer Messmethoden kommen Massaroto Barros et al. zu dem Schluss, dass es keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen EMG-Aktivität und TMD gäbe.<sup>61</sup>

Für das in unserer Untersuchung verwendete Registriersystem Jaw Motion Analyser+ der Firma Zebris (D-Isny) liegen bereits Normwerte durch die Untersuchung von Kordaß et al. aus dem Jahr 2014 vor.<sup>6</sup>



Mazzetto et al. ordnen das System im Vergleich zum digitalen Messschieberegler ein.<sup>62</sup>

Kordaß et al. untersuchten 2019 die Praktikabilität eines virtuellen Artikulators mit den Werten des Messsystems, kamen jedoch zu dem Schluss, dass es zum damaligen Zeitpunkt keinen expliziten Mehrwert gegenüber eines konventionellen adjustierbaren Artikulators gäbe.<sup>63</sup>

### 2.3.3 Therapie

Die Therapieansätze der CMD sind wie ihre Ursachen sehr vielfältig. Alle Therapien haben in erster Linie die Beschwerdefreiheit oder -linderung für die Patient\*innen und die Bekämpfung der Ursachen der CMD zum Ziel.

Im Folgenden soll ein Überblick zu den Daten der häufigsten Therapiemöglichkeiten gegeben werden.

Ein bekannter und viel eingesetzter Therapieansatz bedient sich der Lageänderung des Unterkiefers, des damit einhergehenden Umprogrammierens der Kaumuskulatur und somit Schmerzfreiheit der entsprechenden Muskeln: die adjustierte Zentrikschiene incl. entsprechender Aufklärung bzw. Beratung der Patient\*innen. Myogene und okklusionsbedingte Beschwerden werden mit ihrer Hilfe erfolgreich gelindert.<sup>64</sup> Für Diskusverlagerungen nach anterior haben sich anteriore Repositionierungsschienen als wirksam erwiesen.<sup>65</sup>

Ein anderer, erfolgreicher Therapieansatz sind die manuelle und physikalische Therapie bzw. entsprechende physiotherapeutische Übungen mit Aufklärung der Patient\*innen und Anleitung zum Selbstmanagement.

Barbosa et al. entwickelten ein achtwöchiges Kaumuskelausdauertraining und beschreiben eine signifikante Schmerzreduktion.<sup>66</sup> Bucci et al. konnten zeigen, dass die Bewegungsdurchführung bestimmter Übungen beim zweiten Mal

an Schmerzintensität abgenommen hat.<sup>67</sup> Garrigos-Pedron et al. zeigten die Wirksamkeit von physikalischer Therapie im Kopf-Hals-Bereich für Patient\*innen mit TMD und Migräne.<sup>68</sup> Die Effektivität von Kieferübungen bei einer TMD beschreiben auch Lindfors et al.<sup>69-71</sup> Besonders der psychologische Aspekt, dass die Patient\*innen mit den genannten Übungen selbstständig Einfluss auf die auftretenden Schmerzen haben, erhöht die Wirksamkeit von Kieferübungen.<sup>72</sup> Diese Erkenntnisse stützen auch Storm Mienna et al. mit ihrer Arbeit.<sup>73</sup> Sault et al. stellen die Kombination von manueller Therapie mit Heimübungen<sup>74</sup>, Makino et al. die Kombination von ausführlicher Aufklärung und Kieferübungen<sup>75</sup> als sehr wirksam dar. Machado et al. zeigen eine Wirksamkeitssteigerung der Low-Level-Laser-TMD-Therapie bei Kombination mit Kieferübungen.<sup>76</sup> Brochado et al. vergleichen Photobiomodulations- sowie manuelle Therapie und stellten letztere als erfolgreicher dar.<sup>77</sup> Beim Vergleich von Schienentherapie und Übungen mittels Rehabite legten Giannakopoulos et al. die Rehabite-Therapie als erfolgreicher (kurzweiliges Training für langanhaltende Effekte) aber komplizierter in der Anwendung für die Übenden dar.<sup>78</sup> Wanman und Marklund verglichen angeleitete Kieferübungen, eine Aufbisschiene und Heimübungen miteinander und kommen zu dem Ergebnis, dass die angeleiteten Proband\*innen die größte Verbesserung auf der DC/TMD-Skala erreichten und über bessere Bewältigungsstrategien verfügten. In ihrer Arbeit war die Personengruppe mit den Heimübungen diejenige mit der höchsten Abbruchquote.<sup>79</sup> Michelotti et al. konnten die Wirksamkeit von Physiotherapie bei TMD bestätigen, wobei das Verhältnis von Patient\*in und Behandler\*in auch einen Einfluss auf den Erfolg der Behandlung habe.<sup>80</sup> Die Arbeitsgruppe um Delgado de la Serna et al. erzielte in ihrer Untersuchung bessere Ergebnisse bei Patient\*innen mit TMD

und Tinnitus, wenn neben Informationen und Übungen auch eine Manualtherapie angewendet wurde.<sup>81</sup>

Des Weiteren konnte Patient\*innen mit Diskusverlagerung mit Reposition<sup>82, 83</sup>, Kiefergelenksathralgie<sup>84</sup>, Schmerzen nach Kiefergelenksarthrozentese<sup>85</sup> und mit zu schwacher Muskulatur sowie daraus resultierenden Schluckproblemen<sup>86</sup> erfolgreich durch Manual- und Physiotherapie geholfen werden.

Hulse et al. konnten den positiven Einfluss von manueller Therapie auf die Schlafqualität von Patient\*innen mit kranio-mandibulären und kraniozervikalen Dysfunktionen, wahrscheinlich unabhängig der auftretenden Schmerzen, zeigen.<sup>87</sup>

Das Einbeziehen der Zervikalregion in die Therapie stellen die Arbeitskreise um Calixtre et al.<sup>88, 89</sup> und La Touche et al.<sup>90</sup> als wirksam heraus.

Kritische Erfahrungen zu Kiefergelenksübungen liest man von Bucci et al., die 2017 eine Art Muskelkater 24 Stunden nach erster Therapie, d.h. eine Verschlimmerung der Schmerzen, feststellten.<sup>91</sup> 2018 hat diese Arbeitsgruppe jedoch eine Verbesserung bei Wiederholen des Trainings nachgewiesen (s.o.).<sup>67</sup>

Die ausführliche, rein informative Aufklärung von Patient\*innen habe auch bereits therapeutische Effekte.<sup>92-94</sup>

Die Arbeitskreise um Costa et al. und Truelove et al. stellen mit ihren Untersuchungen sogar den Mehrwert einer kostenaufwändigeren Schientherapie in Frage.<sup>95, 96</sup>

Daher wird von einigen Autor\*innen gefordert, dass bei der Behandlung von Schmerzen im Kopf-Hals-Bereich die interdisziplinäre Beteiligung von Zahnmediziner\*innen ermöglicht werde.<sup>97</sup> Die Behandelnden sollten sich als Partner\*innen der Patient\*innen in der Behandlung einbringen<sup>98</sup> und den Fokus der Behandlung auf das Erfassen des Leidens der Patient\*innen statt starker Invasivität der Therapie legen<sup>99</sup>.

Auch die Kombination von Schienen- und manueller bzw. Physiotherapie<sup>100-102</sup> hat sich in einigen Untersuchungen als wirksam in der Behandlung der CMD erwiesen.

Demgegenüber kommen manche Autorenkreise zu dem Schluss, dass es keine signifikanten Wirksamkeitsunterschiede zwischen den verschiedenen oben genannten Therapiemöglichkeiten gäbe.<sup>103-106</sup>

Neben den oben genannten etablierten Therapiemethoden kann man auch auf eine medikamentöse Behandlung zurückgreifen.<sup>107</sup>

Zum Einsatz kommen hierbei meist Analgetika, trizyklische Antidepressiva oder Muskelrelaxantien.<sup>108</sup> Die

Medikamentengruppe der Palmitoylethanolamide (PEA) ist ein neuerer, vielversprechender Therapieansatz einer pharmakologischen Therapie.<sup>109, 110</sup>

Auch die Photobiomodulationstherapie, früher Low-Level-Laser-Therapie (LLLT), stellt eine wirksame Therapieoption dar.<sup>111-113</sup>

Andere Therapiemöglichkeiten der CMD seien die Arthroskopie durch erfahrene Behandler\*innen<sup>114</sup>, das Kinesiotaping zusammen mit Kiefergelenksübungen<sup>115</sup> sowie – wenn auslösende Ursache – die Therapie von psychischen Grunderkrankungen, beispielsweise durch Akkupunktur<sup>116-119, 120</sup>

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Repertoire der Behandlungsmöglichkeiten sehr vielschichtig ist und prinzipiell Vieles individuell helfen kann. Eine in jeder Situation zuverlässig funktionierende Therapie gibt es dagegen nicht.

Da sich bei zunehmender Inzidenz die Patient\*innen nicht einzig auf die Behandlung durch Expert\*innen stützen können, bestehe die Aufgabe darin, erfolgversprechende Therapiemöglichkeiten, welche unter Selbstkontrolle durch die Patient\*innen durchgeführt werden können, zu entwickeln und diese weiter zu verfolgen.

### 3 Zielsetzung

Das Bewegungstraining ist eine Option, Beschwerden im kranio-mandibulären System zu lindern. Insbesondere interessant erscheint der mögliche Aspekt, dass das Selbstmanagement eigens durch die Patient\*innen eine psychologisch positiv nutzbare Komponente darstellt. Solch ein Training kann durch Heimübungen realisiert werden, die durch eine moderne, digital gestützte Umsetzung eine hohe Attraktivität besitzen können. Dies kann motivierend dazu beitragen, dass das Training wiederholt wird und regelmäßig zur Anwendung kommt. Dazu kann eine Art Erfolgserlebnis geschaffen werden, welches sich mit einem spielerischen Gedanken kombinieren lässt sowie den Patient\*innen ihre Therapieentwicklung darlegt.

Deshalb ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, grundlegende Informationen über die Wirksamkeit des Trainings des kranio-mandibulären Systems mit digitalen Bewegungsübungsprogrammen hinsichtlich einiger Parameter zu ermitteln, die bei Gesunden auftreten.

Im Folgenden sind weitere klinische Studien dazu an kranio-mandibulär erkrankten Personen denkbar.

Die folgenden Fragestellungen sollen dieser Dissertation zugrunde liegen:

- Gibt es beim Durchführen je Geschwindigkeitsstufe der Übung „Zielscheibe“ im Verlauf der Studientermine einen direkten Effekt (bspw. kognitiver oder motorischer Art)?
- Gibt es Unterschiede bei den vier Geschwindigkeitsstufen der Übung „Zielscheibe“ bezüglich der Präzision der Bewegungskoordination?
- Gibt es Unterschiede bei den vier Geschwindigkeitsstufen der Übung „Zielscheibe“ bezüglich der Durchführbarkeit?

- Gibt es Unterschiede bei den vier Geschwindigkeitsstufen der Übung „Zielscheibe“ bezüglich der Gleichförmigkeit der durchgeführten Bewegung?
- Lassen sich Unterschiede für die Untergruppen „Geschlecht der Proband\*innen“ und „CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen“ im Vergleich zur Gesamtheit der Teilnehmenden ausmachen und wenn ja, liegen diese eher im Bereich der Präzision bzw. Gleichförmigkeit der durchgeführten Bewegung?
- Welches Feedback wird über die Befragungen der Teilnehmenden im Verlauf des Trainingsprogramms eingeholt im Kontext der einzelnen Geschwindigkeitsstufen (Ebene 1), des gesamten Untersuchungstermins (Ebene 2) und aller drei Messtermine (Ebene 3)?
- Stimmen die erhobenen Daten der subjektiven Empfindung aus den Befragungen (Feedback der Teilnehmenden) mit den gesammelten Messdaten bezüglich der drei Feedbackebenen überein?

## 4 Material und Methode

Im Weiteren sollen die Rahmenbedingungen und der Versuchsaufbau der zugrundeliegenden Pilotstudie bezüglich der Teilnehmenden, der Versuchstechnik, der Datenerhebung sowie Datenauswertung genauer erläutert werden.

Vor Durchführung der Studie wurde die Versuchsdurchführung durch die Ethikkommission der Universitätsmedizin Greifswald befürwortet (Interne Reg.Nr.: BB 058/20 vom 04.05.2020).

### 4.1 Probandengut

Es wurde angestrebt, ca. 30 gesunde Teilnehmende in einer Altersgruppe mit einer ausgeglichenen Geschlechterverteilung zu untersuchen. Als homogene Gruppe boten sich Studierende der Zahnmedizin der Universitätsmedizin Greifswald an. Die Teilnahme an der klinischen Studie war freiwillig und es erwuchs den Proband\*innen daraus keinerlei Nachteile.

### 4.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie war die Tatsache, dass die Proband\*innen in einem Zeitraum von drei Wochen an drei Terminen persönlich verfügbar sein mussten. Bei den drei aufeinanderfolgenden Terminen sollte es sich jeweils um den gleichen Wochentag sowie die gleiche Uhrzeit handeln. Ein weiteres Einschlusskriterium war das Vorliegen der unterzeichneten Probandeneinwilligungserklärung zu Beginn der Studie.

Von dieser Untersuchung ausgeschlossen wurden Personen, welche herausnehmbaren Zahnersatz trugen oder an Syndromen erkrankt waren, die Auswirkungen auf die kognitiven und/oder manuellen Fähigkeiten der Teilnehmenden hätten haben können. Ebenfalls wurden Proband\*innen, die unter schmerzhaften Limitationen der

Kiefergelenksmobilität, d.h. die einen ungenügenden Kieferschluss oder eine ungenügende Kieferöffnung provozieren bzw. die die Teilnehmenden an einer regelrechten Kieferöffnung hindern könnten, von der Teilnahme an dieser Studie ausgeschlossen.

Das Vorhandensein einer kranio-mandibulären Dysfunktion (CMD) bei Teilnehmenden war für die Durchführung der Studie nicht relevant, wurde jedoch aus sicherheitstechnischen, therapeutischen und zur Auswertung herangezogenen Gründen bei den teilnehmenden Testpersonen untersucht und dokumentiert.

### 4.3 Versuchsdurchführung / Studienablauf

Unter Verwendung des Jaw Motion Analyser+ (JMA+) der Firma Zebris Medical (D-Isny) wurden die Proband\*innen aufgefordert, unterschiedliche Bewegungen mit ihrem Unterkiefer auszuführen. Der JMA+ ist ein für medizinische Bewegungsaufzeichnungen zugelassenes Messsystem. Dafür wurde im Frontzahnbereich der Teilnehmenden ein Attachment (s.u.) befestigt.

Die gesamte Messtechnik (das Oberkiefer-Messsystem, der Unterkiefer-Bogen und auch das Attachment) wurde nach jeder Trainingseinheit wieder entfernt.

#### 4.3.1 Zeitlicher Ablauf

Die Dauer der Studie belief sich auf insgesamt drei Wochen. Jede Woche wurden die Teilnehmenden dafür zu drei Terminen am gleichen Wochentag zur gleichen Uhrzeit zur Untersuchung in den Versuchsraum gebeten. Der Zeitaufwand der drei Untersuchungstermine betrug in der Folge etwa 40, 10 und 30 Minuten.



Im Folgenden sind die einzelnen Bewegungsabläufe, welche im Rahmen der instrumentellen Bewegungsanalyse sowie einer jeden Trainingseinheit durchgeführt wurden, aufgelistet.

### *Erster Messtermin*

Zunächst wurde eine Voruntersuchung vorgenommen. Diese beinhaltete eine Validierung der Wahrscheinlichkeit, dass die\*der Teilnehmende an einer CMD leide, mithilfe des CMD-Kurzbefundes nach Ahlers und Jakstat<sup>50</sup>. Dieser Test umfasst die Summe von sechs häufigen Symptomen bei einer kranio-mandibulären Dysfunktion und gibt eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer CMD ab einem Ergebnis von größer gleich 2 an.

Im Anschluss an diese Untersuchung wurden die Teilnehmenden gebeten, einen Fragebogen auszufüllen. In diesem wurden Rechts-/Linkshändigkeit, bevorzugte Kauseite, vorangegangene Kiefergelenksbehandlungen, Stress in der jetzigen Lebenssituation, Arbeitsintensität und Ernährungsgewohnheiten genauer erfragt (s. Messprotokoll, S. 199).

Das Ende der Voruntersuchung des ersten Termins bestand aus einer initialen Messung mit dem Diagnostikprogramm Winjaw+ und dem JMA+ (Fa. zebris Medical, D-Isny). Durchgeführt wurden die Messungen „Artikulator“ und „Funktion“ nach individueller Kalibrierung des Messsystems auf die anatomischen Gegebenheiten jeder\*jedes Teilnehmenden (s. 4.4.2, S. 33 f.).

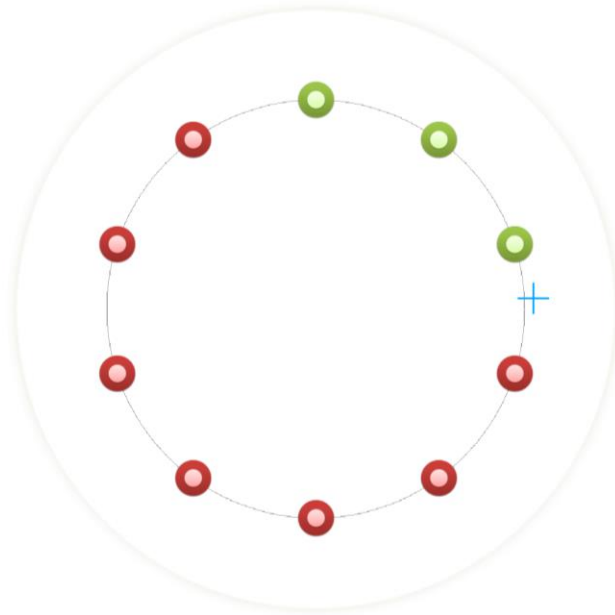
Der folgende Messablauf wurde an allen drei Terminen durchgeführt:

Zu Beginn wurden die Proband\*innen gebeten, das Spiel „Snake“ (Details in Kapitel 4.4.3, S. 34 f.) zu spielen, welches in Abb. 1 dargestellt ist. Dieses diente dem Aufwärmen und Kennenlernen der Steuerung des Systems sowie der Motivation der Teilnehmenden. Das Spiel war je nach Proband\*innenwunsch mehrfach spielbar.



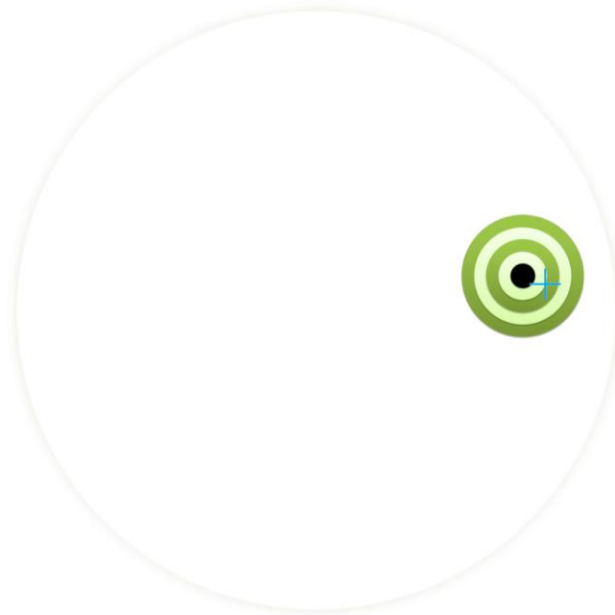
Abb. 1: Screenshot während des Spiels Snake

Darauf wurde das Programm „Zielscheibe“ (Details in Kapitel 4.4.3, S. 34 f.) gestartet und es folgte die Übung „Zwischenstopps“. Dabei sollten die Teilnehmenden auf einer Kreisbahn liegende Zwischenstopps abfahren, wie es in Abb. 2 zu sehen ist. Dies diente in erster Linie der Überprüfung, ob das System richtig eingestellt ist und alle Bereiche der Übungen für die Teilnehmenden auf physiologische Weise erreichbar sind. Zusätzlich konnten beide Richtungen, mit oder gegen den Uhrzeigersinn, ausprobiert und eine favorisierte Richtung individuell festgelegt werden.



*Abb. 2: Screenshot während des Spiels Zwischenstopps*

Die anschließende Übungseinheit „Zielscheibe“ im gleichnamigen Programm, bestand aus je zwei vollständigen Umrundungen der Kreisbahn in vier aufsteigenden Geschwindigkeitsstufen. Eine Umrundung dauerte in der ersten Geschwindigkeitsstufe je 30 Sekunden, in der zweiten je 22,5 Sekunden, in der dritten je 15 Sekunden und in der vierten Geschwindigkeitsstufe je 7,5 Sekunden. Orientieren sollten sich die Teilnehmenden dabei an einer Zielscheibe, die eine optimale Kreisbahn ebenfalls zweimalig vollzog und je nach Treffergenauigkeit der Übenden diese farblich wiedergab, wie es Abb. 3 zeigt. Die Richtung, in welche sich die Zielscheibe bewegte, durfte zu Beginn individuell festgelegt werden.



*Abb. 3: Screenshot während des Spiels Zielscheibe*

Nach jeder Geschwindigkeitsstufe wurden den Teilnehmenden Zwischenfragen gestellt. Abgefragt wurden dabei der subjektive allgemeine Zustand, wie angenehm und schwierig diese Geschwindigkeit empfunden wurde sowie der subjektive Ermüdungszustand des Kiefers der Teilnehmenden. Neben den dabei gewonnen Erkenntnissen beinhalten diese Fragen den Vorteil, die in einer ungewohnten Art und Weise beanspruchte Kiefermuskulatur durch Ablenkung und eine physiologische, gewohnte Aufgabe (Sprechen) zu entspannen.

Abschließend wurden auch nach Beendigung der Übungseinheit Abschlussfragen gestellt. Nachdem die Proband\*innen alle Geschwindigkeitsstufen durchlaufen hatten, wurden sie nach ihrer Lieblingsgeschwindigkeit je Termin gefragt und ob sie im Nachgang evtl. noch einmal etwas an der Wertung der einzelnen Geschwindigkeiten verändern mochten.

Die Dauer des ersten Termins belief sich auf ca. 40 Minuten.

### *Zweiter Messtermin*

Beim zweiten Termin wurde zu Beginn ein Fragebogen zu etwaigen Änderungen der derzeitigen Lebenssituation (Stress, Arbeitsintensität) und eventuellen Auffälligkeiten in der letzten Woche (Parafunktionen, verändertes Verhalten oder Gefühl) von den Teilnehmenden ausgefüllt.

Der Messablauf wurde wiederholt. Zu Beginn wurde die Übung „Snake“ gespielt. Anschließend wurde die Übung „Zwischenstopps“ in beide Richtungen durchgeführt. Darauffolgend wurde die Übung „Zielscheibe“ in den vier Geschwindigkeiten zu je zwei Runden ausgeführt und nach jeder Geschwindigkeitsstufe die Teilnehmenden zwischenbefragt.

Nach der Trainingseinheit wurden die Abschlussfragen mit den Teilnehmenden zu Lieblingsgeschwindigkeit und nachträglichen Änderungswünschen der Wertungen durchgegangen.

Die Dauer des zweiten Termins belief sich auf ca. 10 Minuten.

### *Dritter Messtermin*

Beim dritten Termin wurde erneut zu Beginn ein Fragebogen zu etwaigen Änderungen der derzeitigen Lebenssituation (Stress, Arbeitsintensität) und eventuellen Auffälligkeiten in der letzten Woche (Parafunktionen, verändertes Verhalten oder Gefühl) von den Teilnehmenden ausgefüllt.

Der Messablauf wurde wiederholt. Zu Beginn wurde die Übung „Snake“ gespielt. Anschließend wurde die Übung „Zwischenstopps“ in beide Richtungen durchgeführt. Darauffolgend wurde die Übung „Zielscheibe“ in den vier Geschwindigkeiten zu je zwei Runden ausgeführt und nach jeder Geschwindigkeitsstufe die Teilnehmenden zwischenbefragt.

Nach der Trainingseinheit wurden die Abschlussfragen mit den Übenden zu Lieblingsgeschwindigkeit und nachträglichen Änderungswünschen der Wertungen durchgegangen. Bis hierhin gleicht der Ablauf dem des zweiten Messtermins.

Im Anschluss wurde eine Abschlussmessung mit dem Diagnostikprogramm Winjaw+ und dem JMA+ durchgeführt. Wie bei der Initialmessung wurden die Messungen „Artikulator“ und „Funktion“ durchgeführt.

Zum Ende der Studie wurde mit den Teilnehmenden ein Abschlussgespräch geführt. In diesem hatten die Testpersonen die Möglichkeit, sich über möglicherweise wahrgenommene Schwierigkeiten und Herausforderungen oder andere Anmerkungen zu äußern.

Die Dauer des dritten Termins belief sich auf ca. 30 Minuten.

#### 4.3.2 Feedbackebenen

Neben den objektiven Messungen durch das Messsystem zeichnet sich diese Studie insbesondere durch die verschiedenen Feedbackebenen durch die Teilnehmenden aus. Dies ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der Praktikabilität und des Übungserlebnisses für die Übenden, welche eine entscheidende Rolle bezüglich Erkenntnissen für eine mögliche Anwendung als Trainingsprogramm für Patient\*innen hinsichtlich des Komforts und der Motivation zum Durchführen einnehmen.

Die erste Feedbackebene bestand in der Befragung der Teilnehmenden nach jeder Geschwindigkeitsstufe zu der kurz zuvor durchgeführten Übung.

Die nächst höhere, zweite Feedbackebene wurde am Ende jeder vollständigen Messeinheit durchgeführt. Im Rückblick konnten zu diesem Zeitpunkt die verschiedenen Geschwindigkeitsstufen reflektiert und miteinander verglichen werden.

Die dritte Feedbackebene wurde am Ende der Studie integriert. Die Proband\*innen bekamen zu diesem Zeitpunkt die Möglichkeit, ihre Erfahrungen während des Durchlaufens der Studie wie Schwierigkeiten und Herausforderungen oder andere Anmerkungen den Untersuchenden mitzuteilen.

#### 4.4 Versuchstechnik

Das in dieser Studie verwendete Messsystem bestand aus dem Jaw Motion Analyser+, der Dental Software Winjaw+ und den Übungsprogrammen „Snake“, „Zwischenstopps“ sowie „Zielscheibe“.

##### 4.4.1 Jaw Motion Analyser+

Der Jaw Motion Analyser+ der Firma zebris Medical GmbH (D-Isny) beinhaltet einen Gesichtsbogen mit Empfängermodulen, einen Unterkiefersensor, das Grundgerät, welches die Daten empfängt und an einen PC ausgibt, und dem Attachment, mithilfe dessen der JMA+ am Unterkiefer der Testperson magnetisch fixiert wird. Abb. 4 zeigt die Montage an einem Probanden.



*Abb. 4: Proband mit angebrachtem Messsystem*

Für diese Untersuchung wurde ein aufsteckbares Attachment gewählt, welches anhand eines chemisch härtenden A-Silikons (Green Bite Apple, Fa. Detax, D-Ettlingen) für jede\*n Teilnehmende\*n individualisiert wurde. Dieses wurde in ungehärteter Form in das Attachment eingefüllt und auf der Unterkieferfront der Testperson ausgehärtet.

Gegenüber der sonst eher geläufigen paraokklusalen Montage des Systems mit Hilfe eines provisorischen Zementes, bietet das in dieser Studie verwendete aufsteckbare Attachment drei Vorteile: Zum einen ist es sehr einfach für Behandelnde, dieses zu adaptieren. Zum anderen ist dieses Attachment für die Proband\*innen deutlich angenehmer als ein mit provisorischem Zement an der Unterkieferfront befestigtes, da es im Gesamten abgezogen werden kann und keine Rückstände des Befestigungsmaterials auf den Zähnen verbleiben. Zudem ist dieses Attachment wiederverwendbar. So ist eine immer gleiche Adaptation für spätere Messungen möglich. In Abb. 5 ist ein aufgestecktes Attachment dargestellt, welches im ausgehärteten Zustand, wie in Abb. 6 gezeigt, mehrfach verwendet werden kann.





*Abb. 5: Ansicht des intraoral befestigten Attachments*



*Abb. 6: Extraorale Ansicht des Attachments von kaudal*

#### 4.4.2 Dental Software Winjaw+

Die Dental Software Winjaw+ der Firma zebris Medical GmbH ermöglichte die Messungen „Artikulator“ und „Funktion“, die in dieser Untersuchung Anwendung fanden.

Bei dem Grundmessmodul „Artikulator“ erfolgte vorerst eine Kalibrierung des Messsystems auf die anatomischen Gegebenheiten der Testperson. Dazu wurden die Kondylusmittelpunkte links und rechts sowie der Infraorbitalpunkt rechts palpiert und dem System mitgeteilt. Anschließend wurden die Teilnehmenden gebeten, die Unterkieferbewegungen Protrusion und Laterotrusion nach rechts sowie links auszuführen.

Bei der funktionsanalytischen Untersuchung „Funktion“ wurde die\*der Teilnehmende dazu aufgefordert, jeweils dreimalig eine Protrusion, eine Laterotrusion und eine aktive, weite Kieferöffnung auszuführen. Anschließend folgten die Unterkiefer-Grenzbewegungen nach Posselt in der Frontalen und Sagittalen.

#### 4.4.3 Übungsprogramme für den JMA+

Die in dieser Untersuchung angewendeten Übungsprogramme „Snake“, „Zwischenstopps“ und „Zielscheibe“ wurden von Dr. rer. med. Sebastian Ruge (Universitätsmedizin Greifswald) programmiert und für das Messsystem nutzbar gemacht.

##### *Snake*

Bei dem Programm Snake handelt es sich um eine Abwandlung des bekannten Spiels „Snake“<sup>121</sup>, in dem es darum geht, eine Schlange zu füttern, ehe sie verhungert, gleichzeitig aber weder gegen eine Bombe noch gegen den immer länger werdenden Körper der Schlange selbst zu geraten.

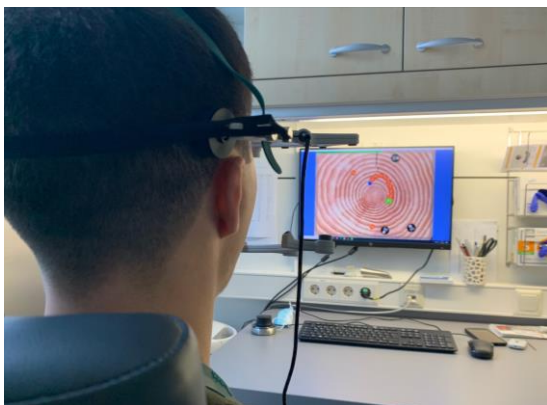


Abb. 7: Proband während des Übens mit dem Programm Snake

##### *Zwischenstopps*

Bei dem Übungsprogramm Zwischenstopps ist die Testperson dazu angehalten, die auf einer Kreisbahn befindlichen Zwischenstopps der Reihe nach abzufahren. Die Richtung kann von der\*dem Spielenden selbst gewählt werden. Wurde der Zwischenstopp

erreicht, ändert er seine Farbe von rot zu grün. Abb. 8 zeigt eine solche Übungssituation.

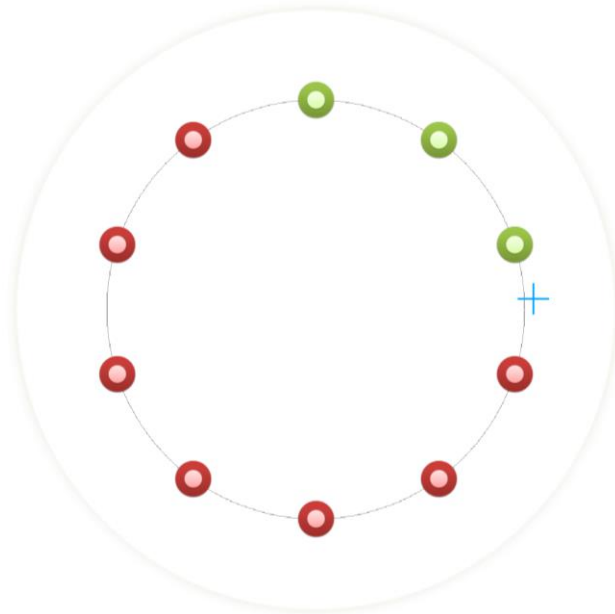


Abb. 8: Screenshot während des Spiels Zwischenstopps

### Zielscheibe

In dem Programm Zielscheibe beschreibt eine Zielscheibe zwei Runden auf einer Kreisbahn, denen die\*der Teilnehmende folgen soll. Vorweg können Richtung und Geschwindigkeit der Scheibe eingestellt werden. Die Treffergenauigkeit der vollzogenen Bewegung wird mithilfe der Farbe der Zielscheibe optisch respondiert. Liegt der Cursor in der schwarzen Mitte der Scheibe, so ist diese blau, wie in Abb. 9 zu sehen ist. Liegt der Cursor auf dem Rand der Scheibe, so ist die Farbe der Zielscheibe wie in Abb. 10 grün. Befindet sich die übende Person mit dem Cursor im Messfeld außerhalb der Zielscheibe, so trägt die Scheibe die Farbe Rot, wie in Abb. 11.

29

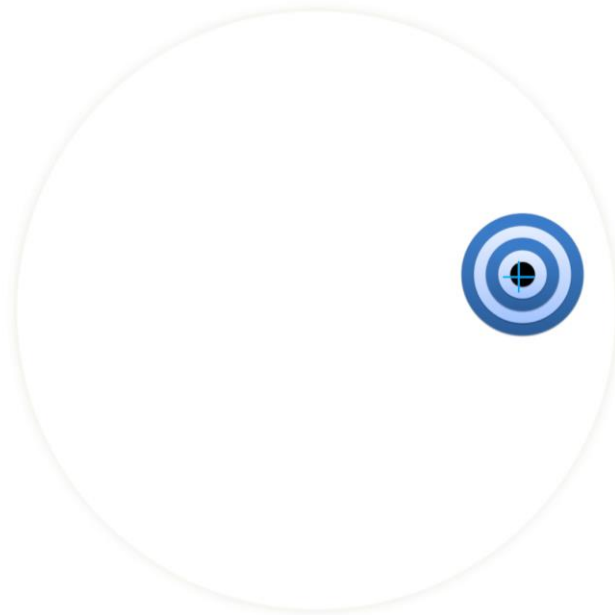


Abb. 9: Screenshot während des Spiels Kreis, der Cursor befindet sich in der schwarzen Mitte der Zielscheibe, somit ist diese blau

29

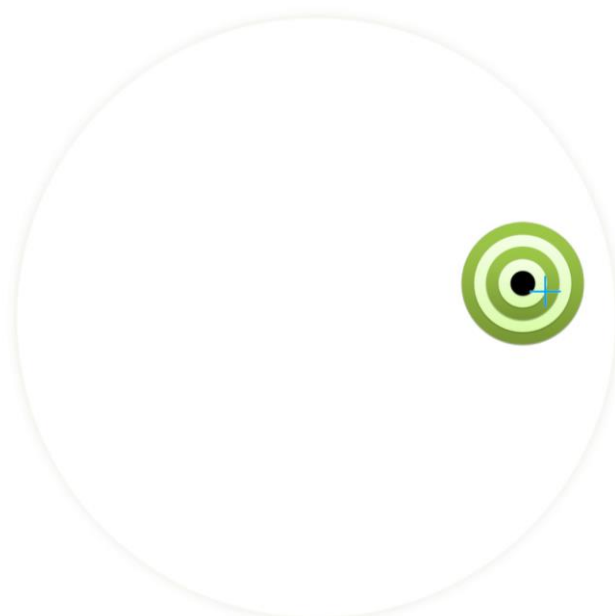
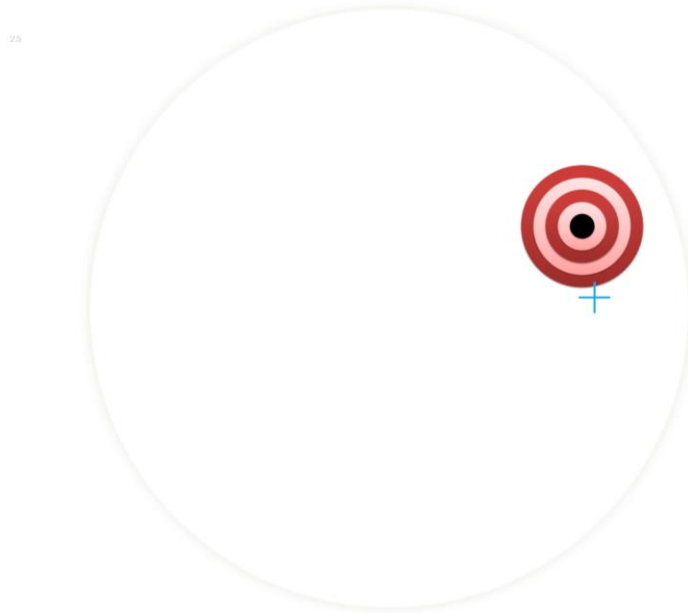


Abb. 10: Screenshot während des Spiels Kreis, der Cursor liegt auf der bunten Fläche der Zielscheibe, somit ist diese grün



*Abb. 11: Screenshot während des Spiels Kreis, der Cursor liegt außerhalb der Zielscheibe, somit ist diese rot*

## 4.5 Datenerhebung

Die Datenerhebung in dieser Untersuchung erfolgte auf zwei Wegen. Einerseits wurde das Messprotokoll von der\*dem Untersuchenden schriftlich für jede\*n Teilnehmende\*n ausgefüllt und die Antworten sowie weiterführende Notizen bei jedem Termin dokumentiert.

Andererseits wurden alle Messungen und Übungen, die mit dem Computer durchgeführt wurden, digital erfasst und gespeichert. Diese Daten konnten exportiert und ausgewertet werden.

## 4.6 Statistische Methoden

Alle Daten (digital sowie analog erfasste) wurden zunächst in Tabellen mithilfe des Programms „Microsoft Office Excel (2017)“ für MacOS zusammengefügt und mithilfe von Diagrammen – zumeist Boxplots – visualisiert. Anhand derer konnten Arbeitsthesen über statistische Signifikanz aufgestellt werden.

Die weitere Bearbeitung der für die Fragestellungen relevanten Daten erfolgte nach dem Sammeln in Tabellen mithilfe des

Statistikprogramms „Past4.04“<sup>122</sup>. Die Untersuchung auf Normalverteilung erfolgte mittels Test nach Shapiro-Wilk; für die Untersuchung auf Gleichheit der zentralen Tendenzen mit statistischer Signifikanz wurden der Wilcoxon- bzw. U-/Mann-Whitney-Test für nicht normalverteilte, abhängige bzw. unabhängige Variablen herangezogen. Die entsprechenden Ergebnisse daraus wurden in einer Excel-Tabelle gesammelt. Signifikante p-Werte (angenommene Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,05$ ) wurden grün und kursiv hervorgehoben (s. Anhang). Für p-Werte in einem Intervall von  $p = [0,05; 0,2]$ , d.h. Werte, die nicht signifikant jedoch nah an der Grenze zur statistischen Signifikanz sind, wird in dieser Arbeit von einem niedrigen Niveau der p-Werte gesprochen.

Da sich der Test auf Normalverteilung für alle Testgruppen mit sehr wenigen Ausnahmen als negativ herausstellte, wurde einheitlich der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für abhängige Variablen durchgeführt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen. Die Abhängigkeit der Variablen ergibt sich aus der Tatsache, dass die Leistungen derselben Testpersonen zu unterschiedlichen Zeitpunkten betrachtet werden. Der Wilcoxon-Test ist ein paarweiser Vergleich, der für alle Kombinationen der drei Zeitpunkte (drei Messgrößen) bzw. der vier Geschwindigkeitsstufen (vier Messgrößen) angewendet wurde. Aufgrund der kleinen geplanten Vergleichszahl wurde auf umfangreichere Korrekturberechnungen verzichtet.

Für unabhängige Variablen wurde aus oben genannten Gründen einheitlich den Mann-Whitney-Test gewählt. Dies gilt für den Vergleich von Untergruppen der Gesamtpopulation, d.h. unterschiedlichen Personen, für dieselbe Übungsaufgabe zum gleichen Zeitpunkt.

## 4.7 Hinweise zu den Bezeichnungen

Bei der Auswertung der Daten wird das Wort „Geschwindigkeit“ in zwei unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet: Es gibt die vier vorgegebenen Geschwindigkeitsstufen, mit denen sich die Zielscheibe im gleichnamigen Spiel bewegt. Diese haben die Abkürzungen v1 – v4.

Davon abzugrenzen ist die Geschwindigkeit, die tatsächlich am Inzisalpunkt der Proband\*innen gemessen wurde und Bestandteil der Auswertungsparameter „SAW Geschwindigkeit“, „MW Beschleunigung“ und „SAW Beschleunigung“ ist.

Die Studie wurde je zu drei Terminen durchgeführt. Die drei Messzeitpunkte tragen die Abkürzung T1 – T3.

Das Probandenkollektiv wurde in je zwei Untergruppierungen eingeteilt: das Geschlecht wurde mit „m“ für die männlichen bzw. „w“ für die weiblichen Proband\*innen abgekürzt; die erhöhte CMD-Wahrscheinlichkeit wurde mit „w“ bzw. das unwahrscheinliche Vorliegen einer CMD mit „uw“ abgekürzt (vgl. S. 40 f.).

## 5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus den Auswertungen der zugrundeliegenden Untersuchung dargestellt.

### 5.1 Probandenkollektiv

Untersucht wurden 32 Studierende der Zahnmedizin der Universität Greifswald, 17 davon männlich (53,1%) und 15 weiblich (46,9%).

Das Alter der Teilnehmenden lag zwischen 22 und 32 Jahren und verteilte sich wie in Abb. 12 dargestellt.

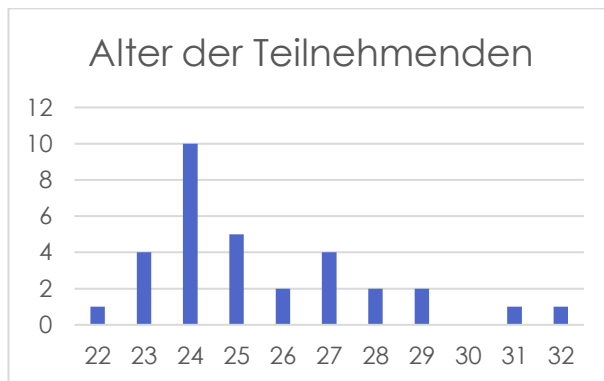


Abb. 12: Absolute Anzahl der Teilnehmenden eines jeweiligen Alters in Jahren

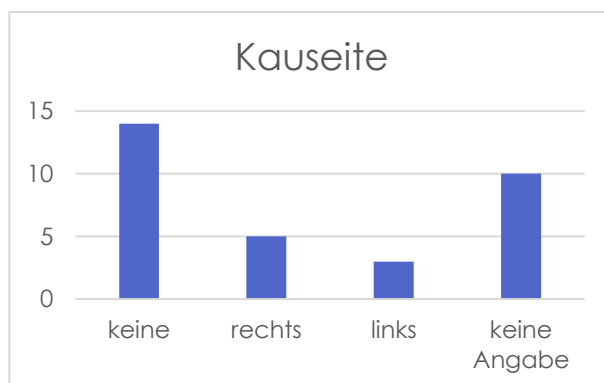


Abb. 13: Absolute Anzahl der Teilnehmenden der jeweiligen Kauseitenangabe

Die Teilnehmenden wurden zur bevorzugten Kauseite (vgl. Abb. 13) und zu ihrer Händigkeit befragt. Unter ihnen waren 27

Rechtshänder\*innen (84,4%) und 5 Linkshänder\*innen (15,6%).

Der CMD-Kurzbefund nach Ahlers und Jakstat ergab für 9

Teilnehmende, dass eine CMD wahrscheinlich sei (28,1%, davon 5



weiblich (15,6%) und 4 männlich (12,5%)). Im weiteren Verlauf der Arbeit werden diese Gruppen als Proband\*innen mit bzw. ohne CMD-Wahrscheinlichkeit bezeichnet.

Auf die Frage, ob jemals Behandlungsbedarf wegen des Kiefergelenkes bestand, antworteten 15 Teilnehmende mit „ja“ (46,9%). 14 Teilnehmende gaben an, regelmäßig eine Schiene zu tragen (43,8%).

## 5.2 Beispielfall

Anhand eines Beispielfalls sollen die erhobenen Rohdaten erläutert werden, welche anschließend für die Auswertung zur Verfügung standen.

Das Messprotokoll, inklusive der Befragungen, wurde handschriftlich geführt (s. Anhang).

Die Messdaten der Koordinationsübungen wurden digital erhoben: Nach allen Übungen Zwischenstopps und Zielscheibe wurde jeweils ein Screenshot (s. Abb. 14, Abb. 15, Abb. 16) angefertigt. Dies ermöglicht auch nachträglich ein Nachvollziehen der Bewegung.

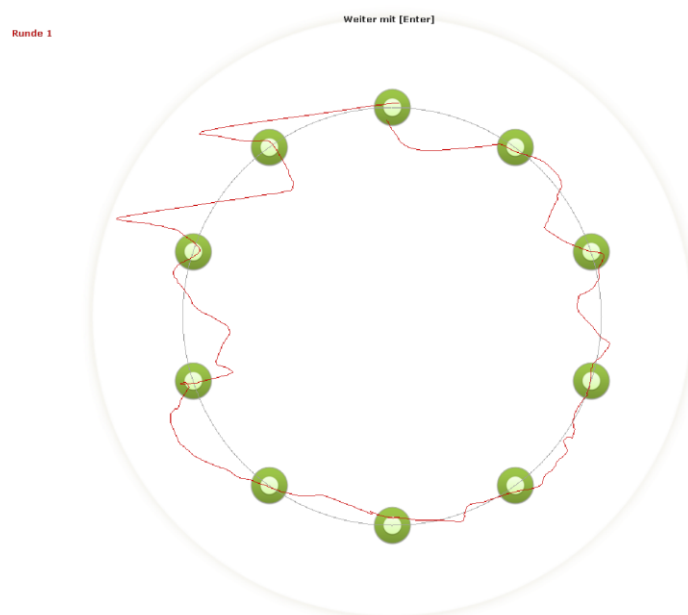


Abb. 14: Screenshot nach der Übung Zwischenstopps von Proband\*in 24



Abb. 15: Screenshot nach einer Übung Zielscheibe in der 1. Geschwindigkeitsstufe (v1) von Proband\*in 24; Rot stellt die Bewegungsbahn der ersten, Grün die Bahn der zweiten Runde dar



Abb. 16: Screenshot nach einer Übung Zielscheibe in der 4. Geschwindigkeitsstufe (v4) von Proband\*in 24; Rot stellt die Bewegungsbahn der ersten, Grün die die Bahn der zweite Runde dar

Des Weiteren wurden für alle durchgeführten Untersuchungen und Übungen verschiedene Auswertungsparameter (s.u.) gespeichert.

## Snake

Die Grundeinstellungen der Übung Snake waren für alle Proband\*innen gleich. Den Teilnehmenden wurde freigestellt, wie viele Versuche sie beim Spiel Snake unternehmen möchten. Insofern unterscheidet sich die Anzahl der durchgeführten Snake-Runden je Proband\*in.

Tabelle Tab. 2 zeigt die erhobenen Daten während aller Snake-Versuche von Proband\*in 24.

Aus allen getätigten Versuchen wurden nachträglich die besten Runden pro Termin ausgewählt (anhand der maximalen Schlangenlänge, bei Dopplung entschied die längere Spielzeit) und in die Gesamtauswertung einbezogen.

*Tab. 2: Messergebnisse mit dem Programm Snake von Proband\*in 24 an drei Terminen; die beste Runde am jeweiligen Termin wurde farblich hinterlegt*

Zeitpunkt	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Spielername P	P24	P24	P24	P24	P24	P24	P24	P24	P24	P24	P24	P24	P24	P24	P24
Spieldauer	58	45	46	34	80	110	99	94	55	105	88	34	49	105	121
Schlangenlänge	16	13	14	10	24	33	32	27	15	32	28	8	14	31	38
Kalibrierung Öffnungsweite	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	23,0	23,0
Kalibrierung Schließweite	9,16	9,16	9,16	9,16	9,16	9,16	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	5,16	5,16
Kalibrierung Linkslateral	9,46	9,46	9,46	9,46	9,46	9,46	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	6,31	6,31
Kalibrierung Rechtslateral	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	4,78	4,78

## Zwischenstopps

Jede teilnehmende Person durfte zu jedem Termin die initiale Richtung, mit der sie den Kreis zunächst vollzog, frei wählen. Im Anschluss wurde sie angeleitet, die Übung Zwischenstopps auch in die entgegengesetzte Richtung durchzuführen.

Da die Geschwindigkeit, mit welcher der Kreis vollzogen wurde, nicht vorgegeben wurde, konnten tatsächliche Pfadlänge und Dauer der Bewegung zu einer Durchschnittsgeschwindigkeit pro Kreis verrechnet werden. Diese konnte bei der späteren Gesamtauswertung einer entsprechend ähnlichen Geschwindigkeitsstufe der Übung Zielscheibe zugeordnet werden. Die vollständige Tabelle mit den Daten von Proband\*in 24, die während der Übung Zwischenstopps erhoben wurden, findet sich auf S. 141 im Anhang.

### *Zielscheibe*

Beim ersten Termin durfte jede\*r Teilnehmende eine Richtung frei wählen, in die sich die Zielscheibe dreht, die für alle Zielscheibenübungen während der gesamten Dauer der Untersuchung beibehalten wurde.

Alle vier Geschwindigkeitsstufen (zu je zwei Umrundungen) wurden nach einander durchlaufen. Nach jeder Geschwindigkeitsrunde wurden Zwischenfragen beantwortet, s. Messprotokoll.

Die vollständige Tabelle für die Zielscheibenbewegungen mit den erhobenen Messparametern für Proband\*in 24 kann im Anhang (S. 142) nachvollzogen werden. Die Antworten auf die Zwischen- und Abschlussfragen (Feedbackebene 1 und 2) finden sich in Tab. 14, S. 143.

## 5.3 Übungsspiel Snake

### 5.3.1 Gesamtes Probandenkollektiv

Alle Proband\*innen haben an allen drei Messzeitpunkten zunächst die Übung Snake absolviert. Es wurde das jeweils beste Spiel jedes Termins, d.h. die größte erreichte Schlangenlänge in Körperteilen - bei Gleichstand entschied die längere Spieldauer - für die Auswertung herangezogen.

Die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt* aller Proband\*innen sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Der paarweise Wilcoxon-Vergleich ergibt für die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt* zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: *p*-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt (T1 – T3)

T1 zu T2	T1 zu T3	T2 zu T3
0,4899	0,1092	0,6339

### 5.3.2 Untergruppen für Geschlechter

Die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt* der männlichen Probanden sind gemäß Shapiro-Wilk-Test normalverteilt. Der paarweise Wilcoxon-Vergleich ergibt für die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt* der männlichen Probanden zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: *p*-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Probanden

T1 m zu T2 m	T1 m zu T3 m	T2 m zu T3 m
0,5705	0,1349	0,4711

Die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt* der weiblichen Probandinnen sind gemäß Shapiro-Wilk-Test normalverteilt. Der paarweise Wilcoxon-Vergleich ergibt für die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt* der weiblichen Probandinnen zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: *p*-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Probandinnen

T1 w zu T2 w	T1 w zu T3 w	T2 w zu T3 w
0,7504	0,4808	0,8269

Beim Vergleich von männlichen und weiblichen Proband\*innen mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht* der Proband\*innen (vgl. Tab. 6).

Tab. 6: *p*-Werte des Mann-Whitney-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen

T1 m zu w	T2 m zu w	T3 m zu w
0,2174	0,1733	0,06377

### 5.3.3 Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit

Die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit* sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Der paarweise Wilcoxon-Vergleich ergibt für die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit* zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede (vgl. Tab. 7).

Tab. 7: *p*-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit

T1 uw zu T2 uw	T1 uw zu T3 uw	T2 uw zu T3 uw
0,8836	0,4738	0,4439

Die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit* sind gemäß Shapiro-Wilk-Test normalverteilt. Der paarweise Wilcoxon-Vergleich ergibt für die erreichten *besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit* zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede (vgl. Tab. 8).

Tab. 8: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit

T1 w zu T2 w	T1 w zu T3 w	T2 w zu T3 w
0,144	0,1384	0,8132

Beim Vergleich von männlichen und weiblichen Proband\*innen mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die erreichten besten Schlangenlängen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Tab. 9).

Tab. 9: p-Werte des Mann-Whitney-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen

T1 uw zu w	T2 uw zu w	T3 uw zu w
0,584	0,6293	0,6143

## 5.4 Trainingsprogramm Zielscheibe, Bewegungspräzision

Mithilfe der Messparameter:

- „Trefferquote [%]“ (gibt den Anteil des Spiels an, in denen die\*der Proband\*in den Cursor auf der Zielscheibe hielt),
- „Trefferquote Mitte [%]“ (gibt den Anteil des Spiels an, in denen die\*der Proband\*in den Cursor auf der Mitte der Zielscheibe hielt),
- „Zielpfadlänge [LE]“ (vom PC errechnete Länge des Pfades der Zielscheibe auf dem Bildschirm),
- „Bewegungspfadlänge [LE]“ (tatsächliche vom Cursor zurückgelegte Pfadlänge auf dem Bildschirm),
- Und der gebildeten Differenz von „Bewegungspfadlänge-Zielpfadlänge [LE]“

können Aussagen über die Präzision der ausgeführten Bewegung getroffen werden.

### 5.4.1 Gesamtes Probandenkollektiv

Jede\*r Teilnehmende hat an allen drei Messzeitpunkten (T) alle vier Geschwindigkeitsstufen (v) der Zielscheibe zu je zwei Runden absolviert.

Die erreichten *Trefferquoten* in Prozent der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt (vgl. Abb. 17, siehe S. 49) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede:

Die erste und zweite vorgegebene Geschwindigkeit (v1; v2) unterscheiden sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten.

Die dritte vorgegebene Geschwindigkeit (v3) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v3 von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.



Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit (v4) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten: v1 von T1 zu T3 ist signifikant (vgl. Tab. 10).

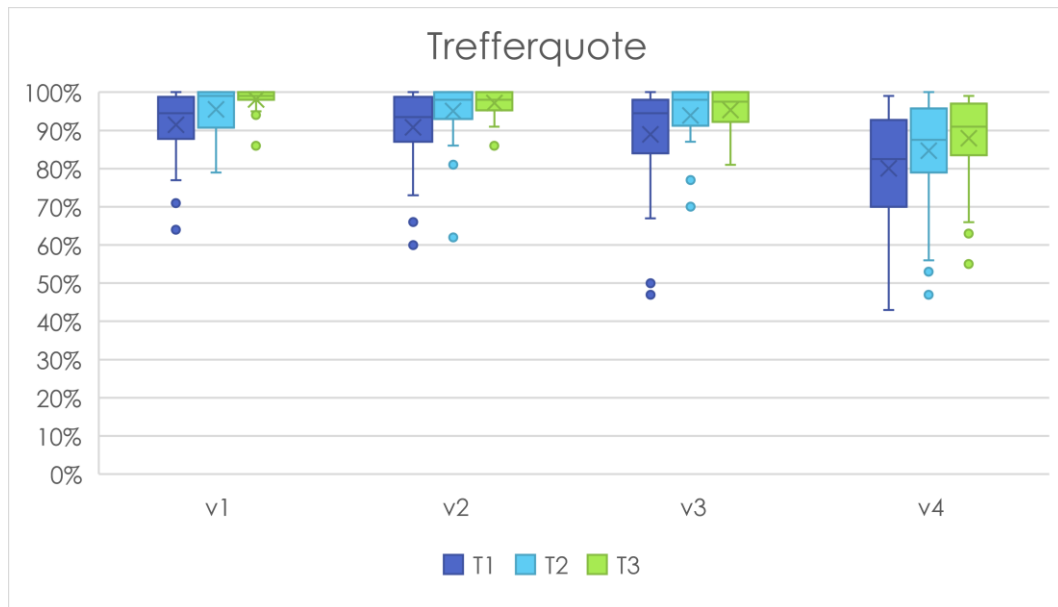


Abb. 17: Boxplots der erreichten Trefferquoten der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [%]

In Tab. 10 werden exemplarisch für die erreichten *Trefferquoten* die Wilcoxon-p-Werte der paarweisen Vergleiche von den verschiedenen Zeitpunkten je Geschwindigkeitsstufe tabellarisch dargestellt. Alle signifikanten p-Werte unterhalb der Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  sind grün und kursiv markiert:

Tab. 10: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der Termine (T) je Geschwindigkeitsstufe (v)

	T1 zu T2	T2 zu T3	T1 zu T3
v1	<i>0,0020</i>	<i>&lt;0,0001</i>	<i>0,0034</i>
v2	<i>0,0008</i>	<i>0,0004</i>	<i>0,0358</i>
v3	<i>0,0005</i>	<i>0,0016</i>	0,3685
v4	0,0653	<i>0,0016</i>	0,0996

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die ersten drei Geschwindigkeitsstufen innerhalb eines Termins selten signifikant

voneinander unterscheiden, wohingegen sich die vierte immer signifikant von den ersten drei Geschwindigkeitsstufen absetzt. In Tab. 11 werden exemplarisch für die erreichten *Trefferquoten* die Wilcoxon-p-Werte für die paarweisen Vergleiche der verschiedenen Geschwindigkeitsstufen für jeden Zeitpunkt tabellarisch dargestellt.

Tab. 11: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T)

T1	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4
T1+v1		0,1047	0,0062	0,0001
T1+v2	0,1047		0,1776	<0,0001
T1+v3	0,0062	0,1776		0,0002
T1+v4	0,0001	<0,0001	0,0002	

T2	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4
T2+v1		0,4625	0,0529	<0,0001
T2+v2	0,4625		0,1208	<0,0001
T2+v3	0,0529	0,1208		<0,0001
T2+v4	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

T3	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4
T3+v1		0,0649	<0,0001	<0,0001
T3+v2	0,0649		0,0457	<0,0001
T3+v3	<0,0001	0,0457		<0,0001
T3+v4	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Für folgende Auswertungen gilt: Die genauen p-Werte der statistischen Tests können den vollständigen Tabellen im Anhang (S. 146 ff.) entnommen werden. Dabei wurden die Vergleiche der Zeitpunkte je Geschwindigkeitsstufe wie in Tab. 10 farblich hinterlegt, die Vergleiche von Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt wurden wie in Tab. 11 durch Umrandung und Schattierung hervorgehoben.

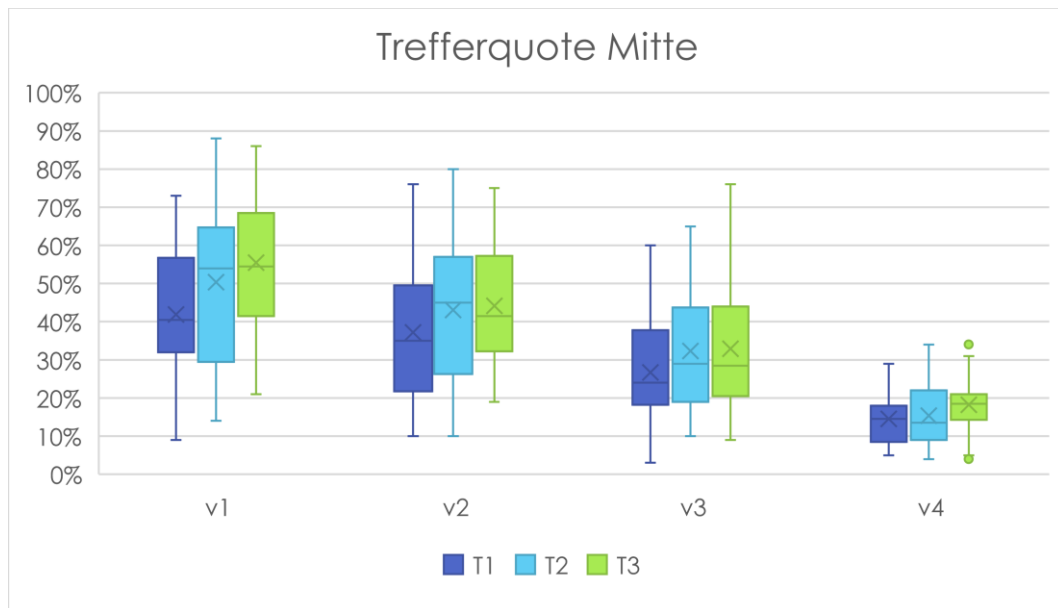


Abb. 18: Boxplots der erreichten Trefferquoten Mitte der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [%]

Die erreichten *Trefferquoten Mitte* in Prozent der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt (vgl. Abb. 18) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 17, S. 147): Die erste vorgegebene Geschwindigkeit (v1) unterscheidet sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten. Die zweite und dritte vorgegebene Geschwindigkeit (v2; v3) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v2 bzw. v3 von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant. Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit (v4) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten: v4 von T2 zu T3 ist signifikant. Des Weiteren wird auffällig, dass sich alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb eines Termins signifikant voneinander unterscheiden.

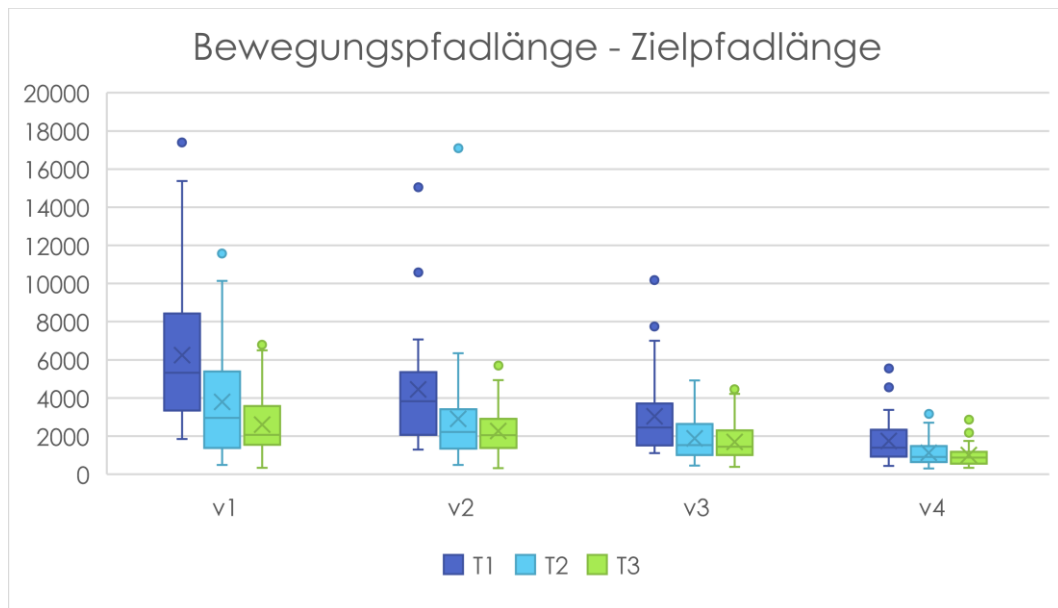


Abb. 19: Boxplots der Differenz von Bewegungspfadlänge und Zielpfadlänge der Geschwindigkeitsstufen ( $v$ ) je Zeitpunkt ( $T$ ) [LE]

Die erreichten Differenzen von Bewegungspfad und Zielpfad der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt (vgl. Abb. 19) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 18, S. 148): Die erste, zweite und vierte vorgegebene Geschwindigkeit ( $v1$ ;  $v2$ ;  $v4$ ) unterscheiden sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten. Die dritte vorgegebene Geschwindigkeit ( $v3$ ) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v3$  von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb eines Termins signifikant voneinander unterscheiden.

## 5.4.2 Untergruppen für Geschlechter

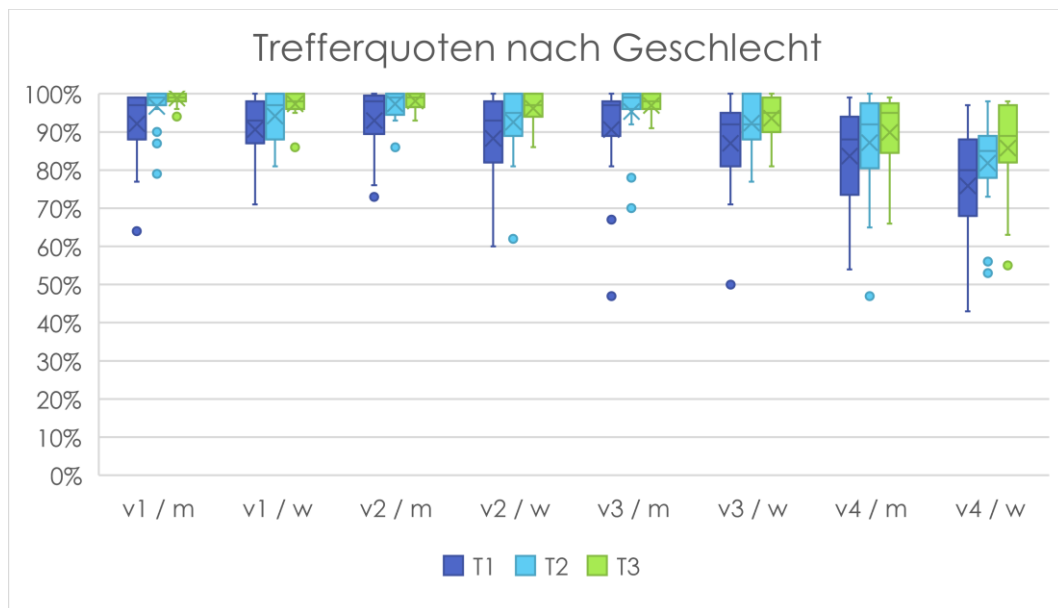


Abb. 20: Boxplots der erreichten Trefferquoten der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach Geschlecht [%]

Die erreichten Trefferquoten in Prozent der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Abb. 20) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 24 und Tab. 25, S. 154 f.):

Die erste, zweite und dritte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v1/m; v2/m; v3/m) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v1/m bzw. v2/m bzw. v3/m von T1 zu T2 und von T1 zu T3 sind signifikant.

Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v4/m) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten: v4/m von T1 zu T3 ist signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich an allen drei Terminen nur die vierte Geschwindigkeitsstufe (v4/m) der männlichen Probanden signifikant von den ersten drei Geschwindigkeiten absetzt. Beim dritten Termin gilt dies zusätzlich für v1 zu v3.

Die erste vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v1/w$ ) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten:  $v1/w$  von T1 zu T3 ist signifikant.

Die zweite und dritte vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v2/w$ ;  $v3/w$ ) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v2/w$  bzw.  $v3/w$  von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v4/w$ ) unterscheidet sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich an allen drei Terminen die vierte Geschwindigkeitsstufe ( $v4/w$ ) der weiblichen Probandinnen signifikant von den ersten drei Geschwindigkeiten absetzt. Beim ersten Termin gilt dies zusätzlich für  $v1$  gegenüber allen anderen, beim dritten Termin für  $v1$  zu  $v3$ .

Beim Vergleich von männlichen und weiblichen Proband\*innen mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die erreichten *Trefferquoten in Prozent der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen* (vgl. Tab. 26, S. 156).

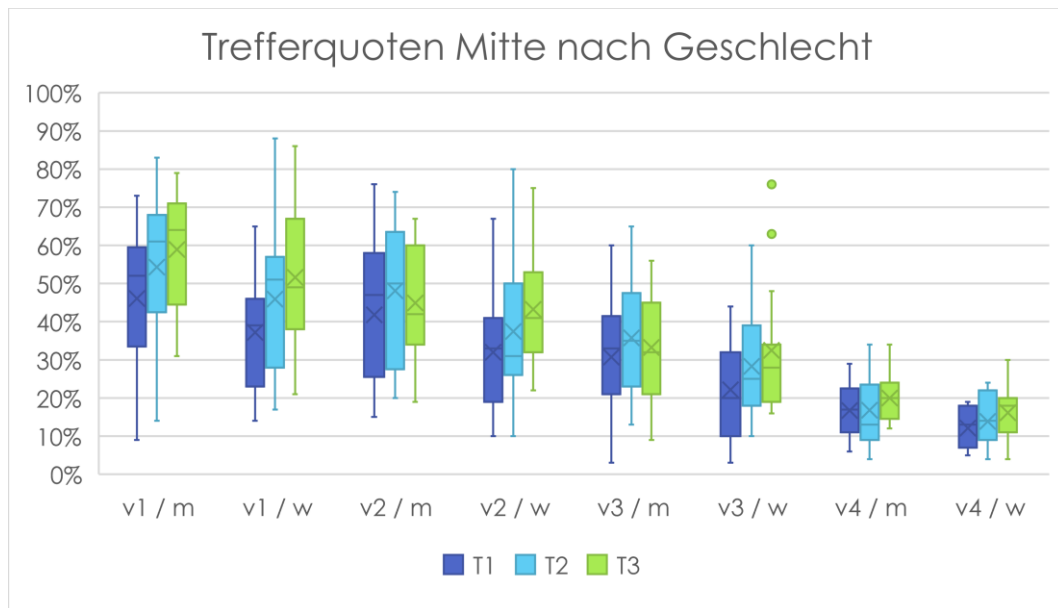


Abb. 21: Boxplots der erreichten Trefferquoten Mitte der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach Geschlecht [%]

Die erreichten Trefferquoten Mitte in Prozent der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Abb. 21) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 27 und Tab. 28, S. 157 f.):

Die erste vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v1/m) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v1/m von T1 zu T2 und von T1 zu T3 ist signifikant.

Die zweite und dritte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v2/m; v3/m) unterscheiden sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten: v2/m bzw. v3/m von T1 zu T2 sind signifikant.

Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v4/m) unterscheidet sich an keinem der drei Messzeitpunkte signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich an allen drei Terminen alle Geschwindigkeitsstufen der männlichen Probanden signifikant voneinander absetzen.

Die erste und dritte vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v1/w$ ;  $v3/w$ ) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v1/w$  bzw.  $v3/w$  von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Die zweite vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v2/w$ ) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v2/w$  von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant.

Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v4/w$ ) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten:  $v4/w$  von T1 zu T3 ist signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich an allen drei Terminen alle Geschwindigkeitsstufen der weiblichen Probandinnen signifikant voneinander absetzen.

Beim Vergleich von männlichen und weiblichen Proband\*innen mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die erreichten *Trefferquoten Mitte in Prozent der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen* (vgl. Tab. 29, S. 159).



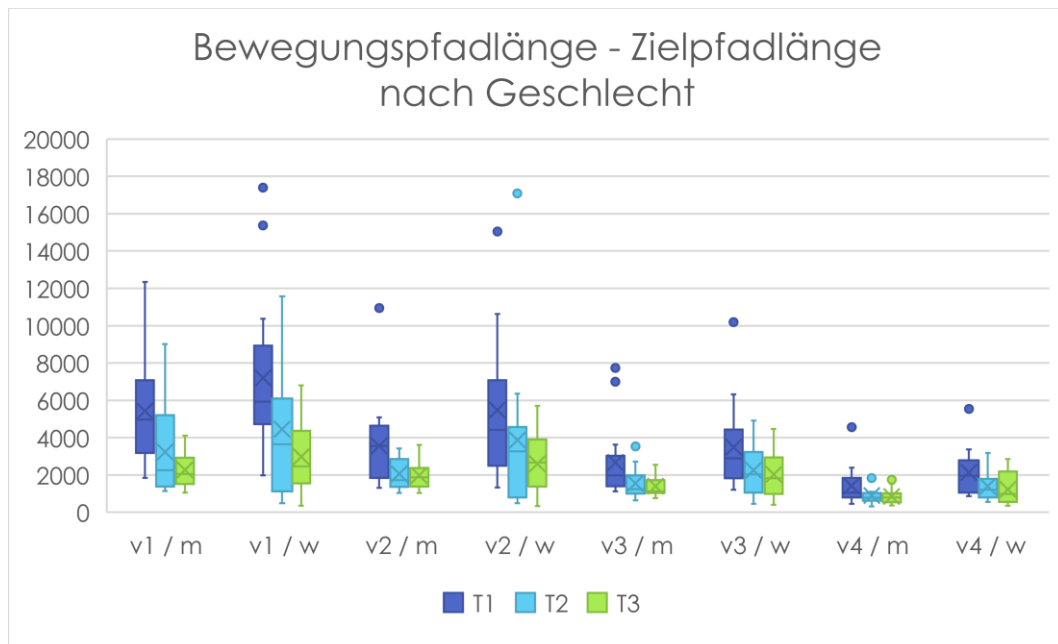


Abb. 22: Boxplots der erreichten Differenzen von Bewegungspfadlänge und Zielpfadlänge der Geschwindigkeitsstufen ( $v$ ) je Zeitpunkt ( $T$ ) eingeteilt nach Geschlecht [LE]

Die erreichten Differenzen von Bewegungspfad und Zielpfad der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Abb. 22) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 30 und Tab. 31, S. 160 f.):

Die erste vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden ( $v1/m$ ) unterscheidet sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten.

Die zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden ( $v2/m$ ;  $v3/m$ ;  $v4/m$ ) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v2/m$  bzw.  $v3/m$  bzw.  $v4/m$  von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich an allen drei Terminen alle Geschwindigkeitsstufen der männlichen Probanden signifikant voneinander absetzen.

Die erste, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v1/w$ ;  $v3/w$ ;  $v4/w$ ) unterscheiden sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten.

Die zweite vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v2/w$ ) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v2/w$  von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant. Des Weiteren wird auffällig, dass sich an allen drei Terminen alle Geschwindigkeitsstufen der weiblichen Probandinnen signifikant voneinander absetzen, mit einer Ausnahme beim zweiten Termin von  $v1$  zu  $v2$ .

Beim Vergleich von männlichen und weiblichen Proband\*innen mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die erreichten *Differenzen von Bewegungspfad - Zielpfad der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen* mit folgender Ausnahme: Der Vergleich von Probandinnen zu Probanden am ersten Termin während der vierten Geschwindigkeitsstufe zeigt für die weiblichen Probandinnen signifikant höhere Werte. Die meisten restlichen p-Werte zeigen keine Signifikanz, befinden sich aber auf niedrigem Niveau (vgl. Tab. 32, S. 162).

### 5.4.3 Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit

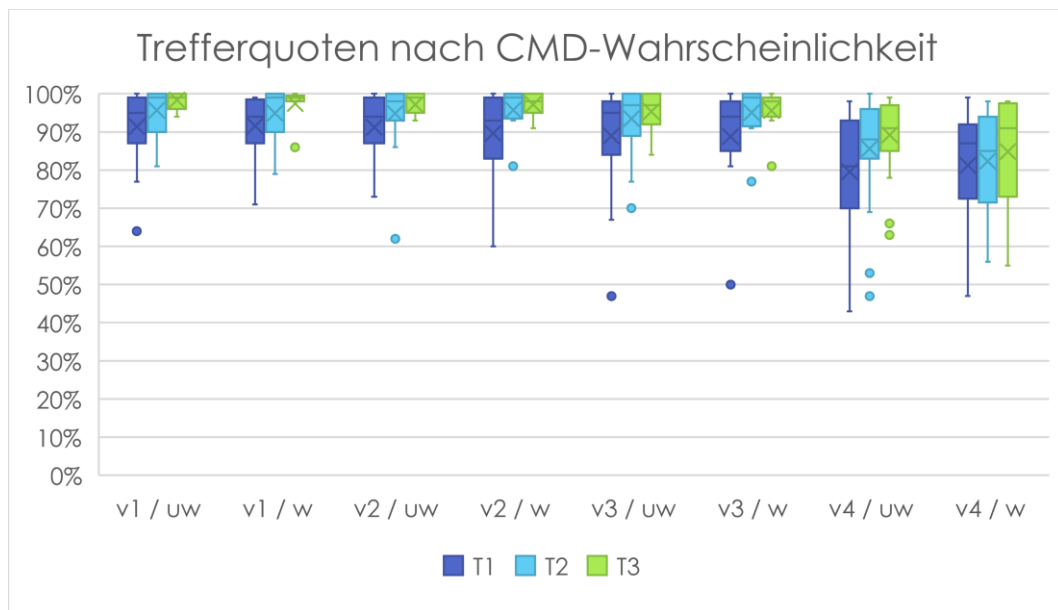


Abb. 23: Boxplots der erreichten Trefferquoten der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit [%]

Die erreichten Trefferquoten in Prozent der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen (vgl. Abb. 23) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 36 und Tab. 37, S. 166 f.): Die erste vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit (v1/uw) unterscheidet sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten. Die zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit (v2/uw; v3/uw; v4/uw) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v2/uw bzw. v3/uw bzw. v4/uw von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant. Des Weiteren wird auffällig, dass sich alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der Termine bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit ähnlich voneinander unterscheiden: An allen drei Terminen unterscheidet sich die vierte Geschwindigkeitsstufe und v1 zu v3 signifikant von den anderen. Beim dritten Termin gilt dies ebenfalls für v2 zu v3.

Die erste vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit ( $v1/w$ ) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten:  $v1/w$  von T1 zu T3 ist signifikant.

Die zweite vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit ( $v2/w$ ) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten:  $v2/w$  von T1 zu T2 ist signifikant.

Die dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit ( $v3/w$ ;  $v4/w$ ) unterscheiden sich zu keinem der Messzeitpunkte signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der Termine bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit ähnlich voneinander unterscheiden: An allen drei Terminen unterscheidet sich die vierte Geschwindigkeitsstufe signifikant von den anderen. Beim ersten Termin gilt dies nicht für  $v3$  zu  $v4$ .

Beim Vergleich von Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die erreichten *Trefferquoten in Prozent der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen* (vgl. Tab. 38, S. 168).

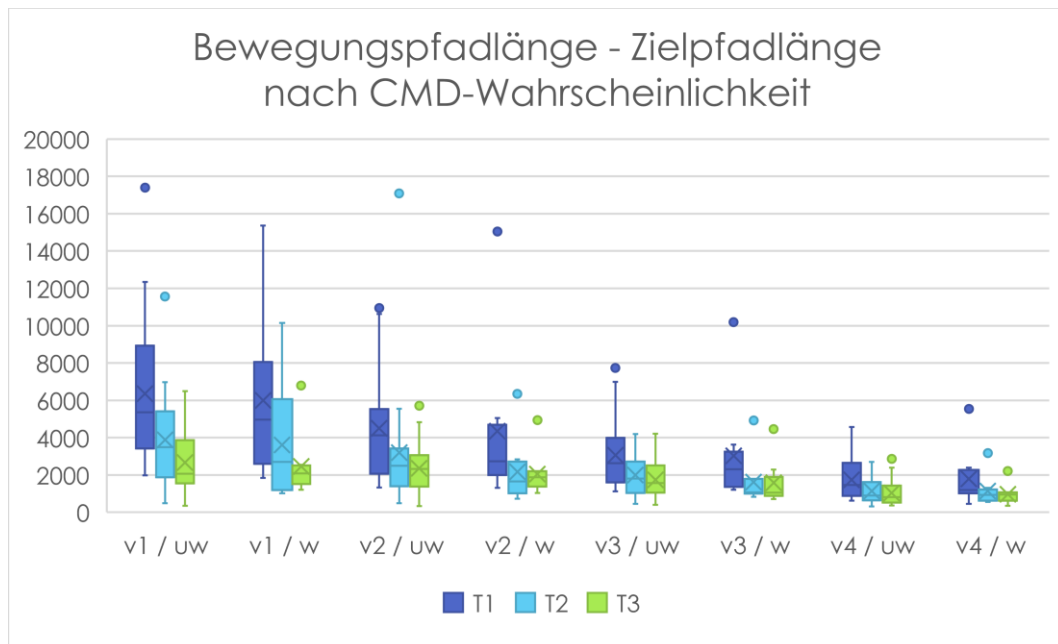


Abb. 24: Boxplots der Differenz von Bewegungspfadlänge und Zielpfadlänge der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit [LE]

Die erreichten Differenzen von Bewegungspfad und Zielpfad der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen (vgl. Abb. 24) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 39 und Tab. 40, S. 169 f.):

Die erste und zweite vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit (v1/uw; v2/uw) unterscheiden sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten. Die dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit (v3/uw; v4/uw) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v3/uw bzw. v4/uw von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit signifikant voneinander unterscheiden.

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit (v1/w; v2/w;

v3/w; v4/w) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v1/w bzw. v2/w bzw. v3/w bzw. v4/w von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit signifikant voneinander unterscheiden, mit Ausnahme des dritten Termins, dort sind die Unterschiede von v1 zu v2 und v2 zu v3 nicht signifikant.

Beim Vergleich von Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die erreichten *Differenzen von Bewegungspfad - Zielpfad* der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach *CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen* (vgl. Tab. 41, S. 171).

## 5.5 Trainingsprogramm Zielscheibe, Bewegungsgleichförmigkeit

Mithilfe der Messparameter:

- „SAW Geschwindigkeit [mm/s]“ (errechnete Standardabweichung vom Mittelwert der inzial gemessenen, tatsächlich erreichten Geschwindigkeiten des Cursors; war die Geschwindigkeit im Wechsel oft groß [schnell] und klein [langsam], ist die SAW dementsprechend auch größer)
- „MW Beschleunigung [mm/s<sup>2</sup>]“ (Mittelwert der inzial gemessenen, tatsächlichen erreichten Beschleunigungen [entspricht der Änderung der Geschwindigkeit] des Cursors)
- „SAW Beschleunigung [mm/s<sup>2</sup>]“ (errechnete Standardabweichung vom Mittelwert; war die Beschleunigung oft groß [viel Gas, schneller werdend] und klein [viel Bremsen, langsamer werdend], ist die SAW dementsprechend auch größer)
- „Minimale Beschleunigung [mm/s<sup>2</sup>]“ (Wert der geringsten inzial gemessenen Beschleunigung [stärkstes Bremsen] im Spiel)
- „Maximale Beschleunigung [mm/s<sup>2</sup>]“ (Wert der höchsten inzial gemessenen Beschleunigung [stärkstes Erhöhen der Geschwindigkeit] im Spiel)

können Aussagen über die Gleichförmigkeit der vollzogenen Bewegungen getroffen werden, d.h. ob die Bewegung eher der vorgegebenen Bewegung durch die Zielscheibe mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit ähnelte oder ob diese Bewegung weniger gleichmäßig bzw. inkonstanter vollzogen wurde.

### 5.5.1 Gesamtes Probandenkollektiv

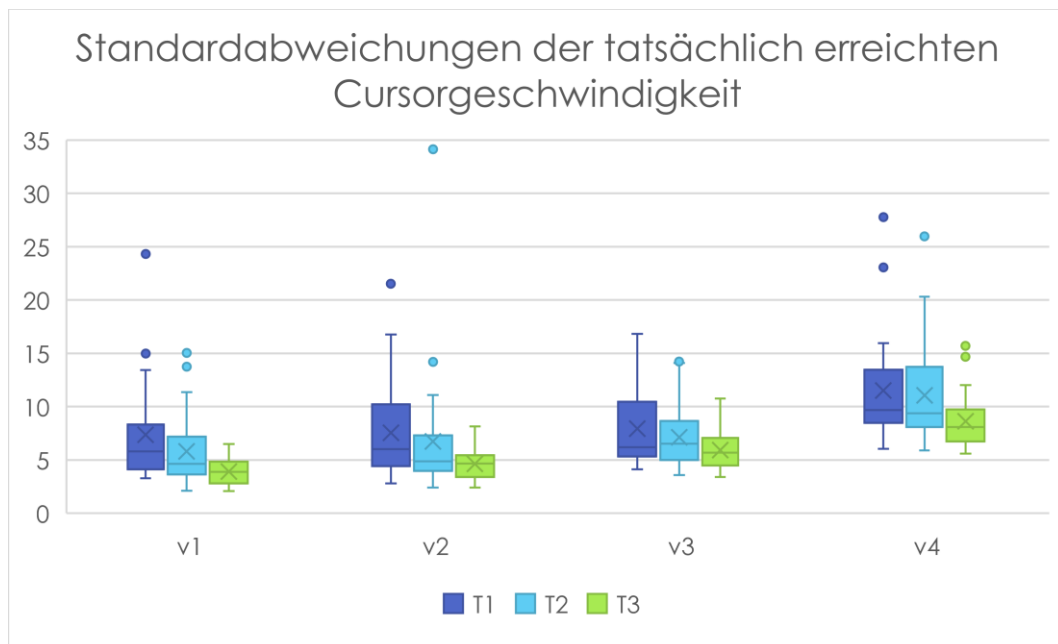


Abb. 25: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeit der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [mm/s]

Die errechneten Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeit der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt (vgl. Abb. 25) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 19, S. 149):

Die erste und zweite vorgegebene Geschwindigkeit (v1; v2) unterscheiden sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten.

Die dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit (v3; v4) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v3 bzw. v4 von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeit der Cursorbewegung für alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb eines Termins signifikant voneinander unterscheiden, mit der Ausnahme des ersten Termins: Dort unterscheidet sich v2 weder von v1 noch von v3 signifikant.



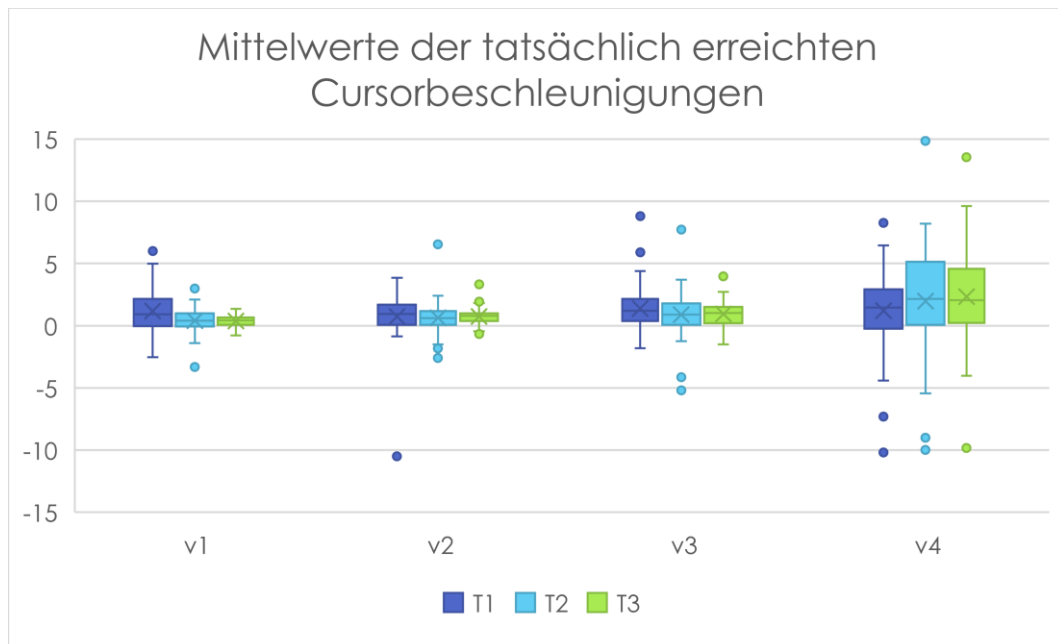


Abb. 26: Boxplots der Mittelwerte der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [mm/s<sup>2</sup>]

Die errechneten Mittelwerte der erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt (vgl. Abb. 26) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 20, S. 150):

Die erste vorgegebene Geschwindigkeit (v1) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v1 von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Die zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit (v2; v3; v4) unterscheiden sich an keinem der drei Messzeitpunkte signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die Mittelwerte der erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung für alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der Termine voneinander unterscheiden: Der erste Termin enthält keinerlei Signifikanzunterschiede, beim zweiten setzen sich nur v1 und v2 signifikant von v4 ab, der dritte Termin zeigt einen signifikanten Unterschied von v1 gegenüber allen anderen und v2 gegenüber v4.

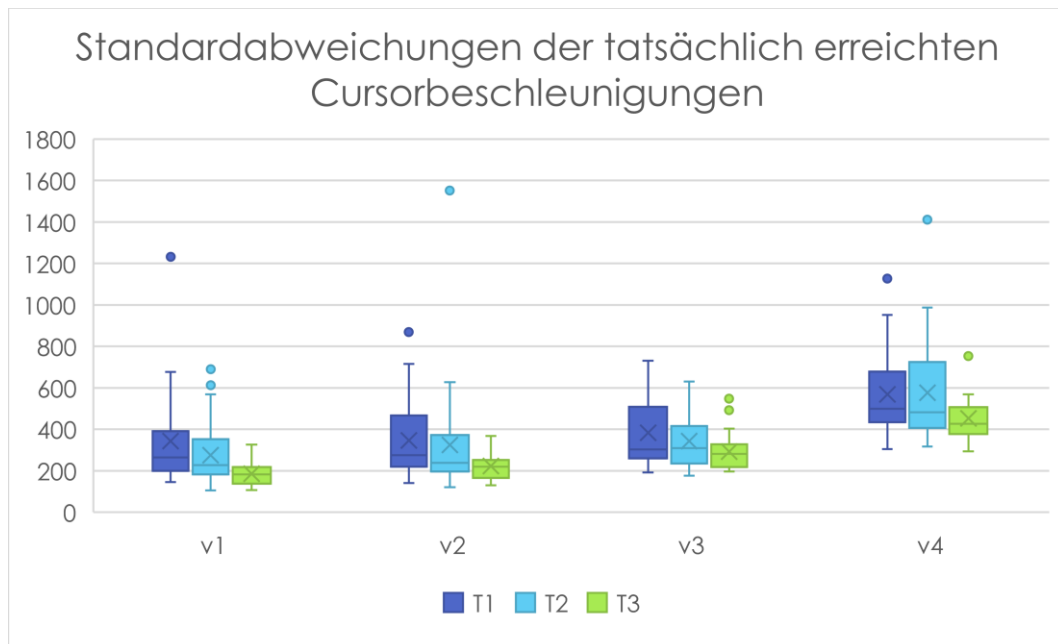


Abb. 27: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [mm/s<sup>2</sup>]

Die errechneten Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt (vgl. Abb. 27) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 21, S. 151): Die erste vorgegebene Geschwindigkeit (v1) unterscheidet sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten. Die zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit (v2; v3; v4) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten. v2 bzw. v3 bzw. v4 von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant. Des Weiteren wird auffällig, dass sich die Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung für alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb eines Termins signifikant voneinander unterscheiden mit einer Ausnahme beim ersten Termin von T1 zu T2.

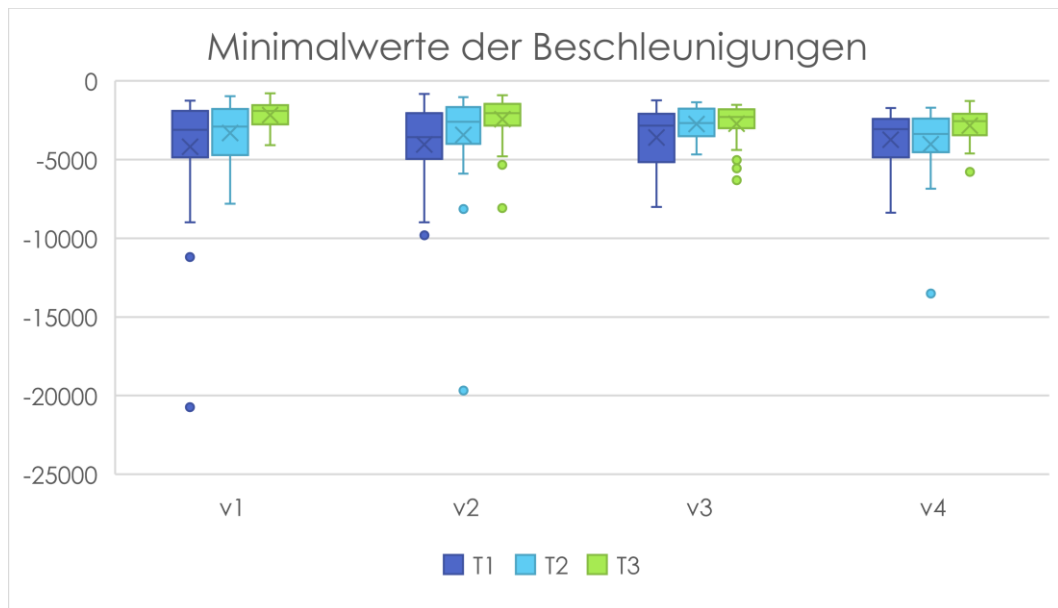


Abb. 28: Boxplots der Minimalwerte der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen ( $v$ ) je Zeitpunkt ( $T$ ) [ $\text{mm/s}^2$ ]

Die erreichten *Minimalwerte der Beschleunigungen* der *Cursorbewegung* der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt (vgl. Abb. 28) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 22, S. 152):

Die erste und vierte vorgegebene Geschwindigkeit ( $v1$ ;  $v4$ ) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v1$  bzw.  $v4$  von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant.

Die zweite vorgegebene Geschwindigkeit ( $v2$ ) unterscheidet sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten.

Die dritte vorgegebene Geschwindigkeit ( $v3$ ) unterscheidet sich signifikant bei einigen Messzeitpunkten:  $v3$  von T1 zu T2 und T1 zu T3 ist signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die *Minimalwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung* für alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der Termine voneinander unterscheiden: Der erste Termin enthält keinerlei Signifikanzunterschiede, beim zweiten setzt sich  $v4$  von den anderen Geschwindigkeitsstufen ab, der dritte Termin zeigt einen

signifikanten Unterschied von v1 gegenüber v3 und v4 und v2 gegenüber v4.

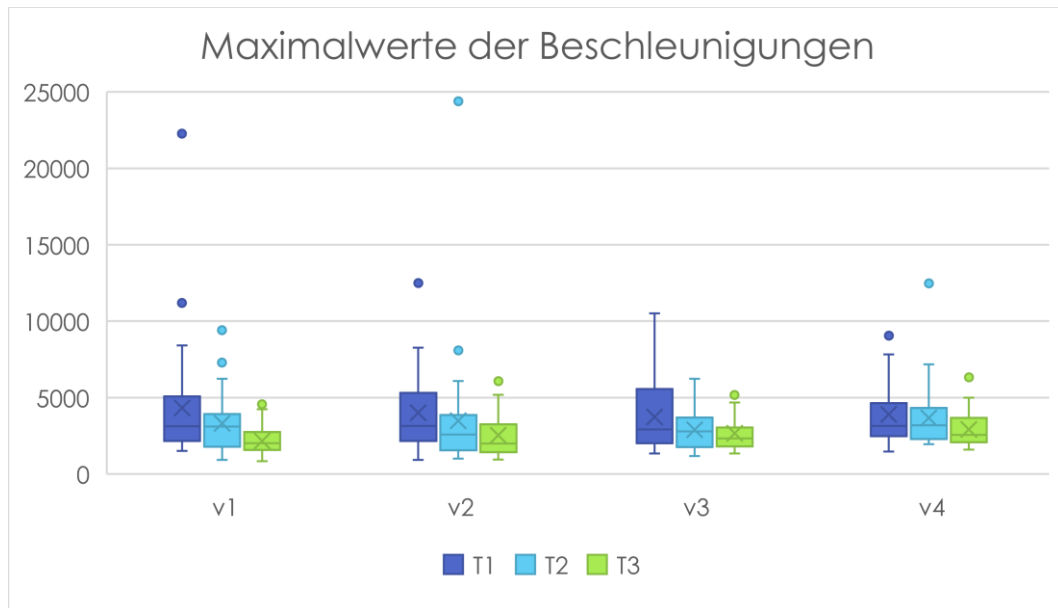


Abb. 29: Boxplots der Maximalwerte der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [mm/s<sup>2</sup>]

Die erreichten Maximalwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt (vgl. Abb. 29) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 23, S. 153):

Die erste und vierte vorgegebene Geschwindigkeit (v1; v4) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v1 bzw. v4 von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant.

Die zweite vorgegebene Geschwindigkeit (v2) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten: v2 von T1 zu T3 ist signifikant.

Die dritte vorgegebene Geschwindigkeit (v3) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v3 von T1 zu T2 und T1 zu T3 ist signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die Maximalwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung der

Geschwindigkeitsstufen für alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der Termine voneinander unterscheiden: Der erste Termin enthält keinerlei Signifikanzunterschiede, beim zweiten setzt sich v4 von v2 und v3 ab, der dritte Termin zeigt einen signifikanten Unterschied von v1 gegenüber v3 und v4.

### 5.5.2 Untergruppen für Geschlechter

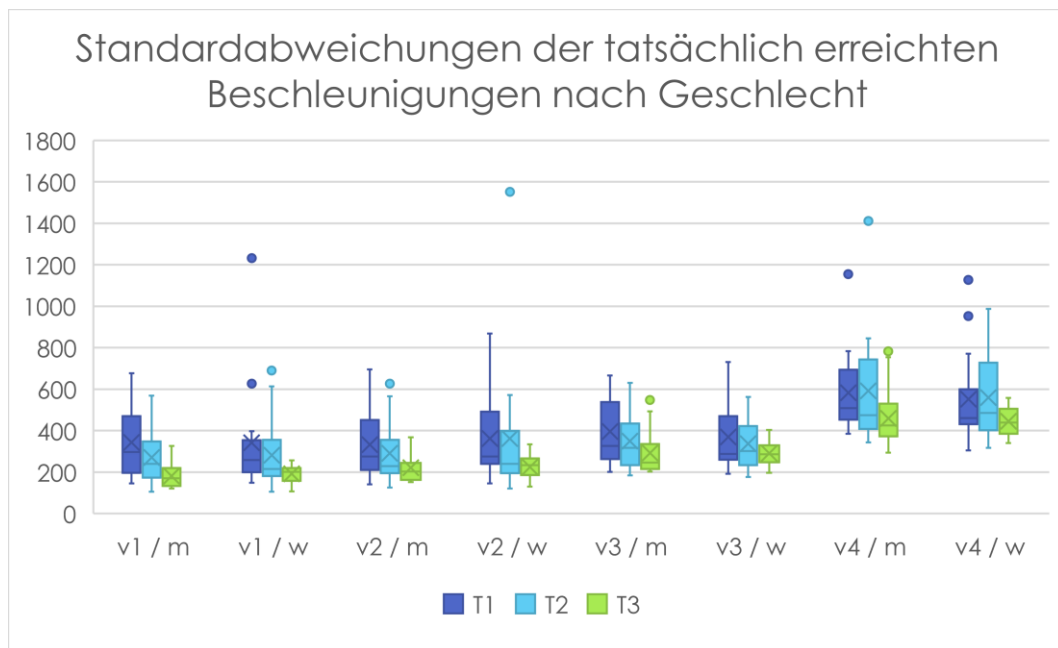


Abb. 30: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach Geschlecht [mm/s<sup>2</sup>]

Die errechneten Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der

Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Abb. 30) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 33 und Tab. 34, S. 163 f.):

Die erste vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v1/m) unterscheidet sich signifikant an allen drei Messzeitpunkten.

Die zweite und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v2/m; v4/m) unterscheiden sich signifikant

an einigen Messzeitpunkten:  $v_2/m$  bzw.  $v_4/m$  von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant.

Die dritte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden ( $v_3/m$ ) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten:  $v_3/m$  von T1 zu T3 ist signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die *Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung* an allen drei Terminen für alle Geschwindigkeitsstufen der männlichen Probanden mit der Ausnahme des ersten und zweiten Termins für  $v_1$  zu  $v_2$  signifikant voneinander absetzen.

Die erste und zweite vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v_1/w$ ;  $v_2/w$ ) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v_1/w$  bzw.  $v_2/w$  von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant.

Die dritte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Probandinnen ( $v_3/w$ ) unterscheidet sich signifikant bei  $v_2/w$  von T1 zu T3.

Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v_4/w$ ) unterscheidet sich signifikant an keinem der drei Messzeitpunkte signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die *Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung* an allen drei Terminen für alle Geschwindigkeitsstufen der Probandinnen mit der Ausnahme beim ersten Termin für  $v_1$  zu  $v_2$  sowie  $v_2$  zu  $v_3$  signifikant voneinander absetzen.

Beim Vergleich von männlichen und weiblichen Proband\*innen mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die errechneten *Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der*

Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Tab. 35, S. 165).

### 5.5.3 Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit

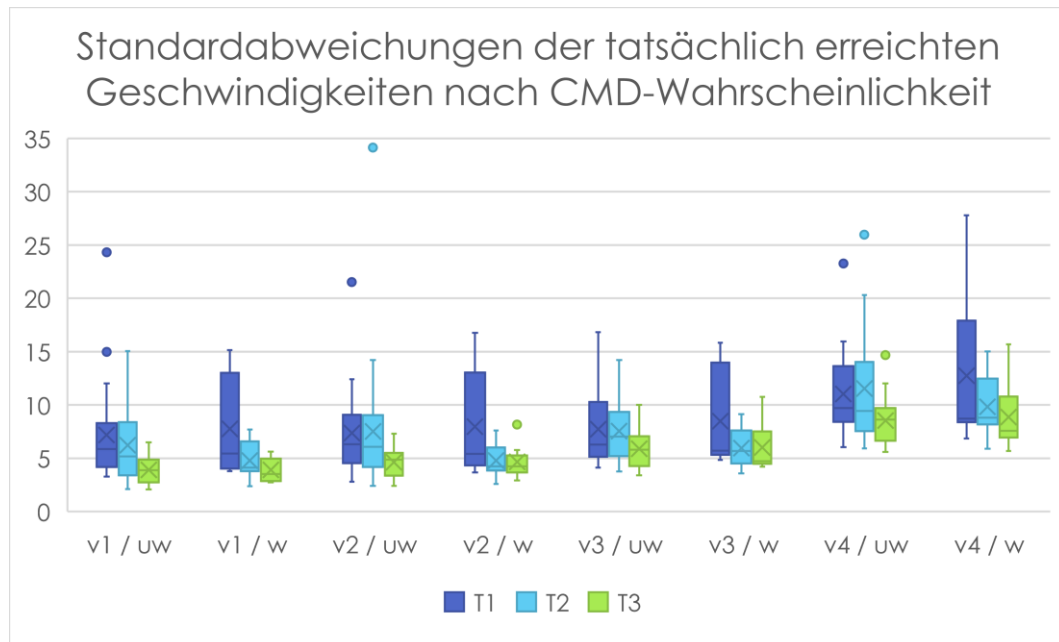


Abb. 31: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeiten der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit [mm/s]

Die errechneten Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeiten der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen (vgl. Abb. 31) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 42 und Tab. 43, S. 172 f.):

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit (v1/uw; v2/uw; v3/uw; v4/uw) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v1/uw bzw. v2/uw bzw. v3/uw bzw. v4/uw von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeiten der Cursorbewegung

für alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit signifikant voneinander unterscheiden. Eine Ausnahme findet sich am ersten Termin, dort sind die Unterschiede von v1 zu v2 und v2 zu v3 nicht signifikant.

Die erste und zweite vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit (v1/w; v2/w) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: v1/w bzw. v2/w von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Die dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit (v3/w; v4/w) unterscheiden sich zu keinem der Messzeitpunkte signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die *Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeiten der Cursorbewegung* für alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der Termine bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit ähnlich voneinander unterscheiden: An allen drei Terminen unterscheidet sich die vierte Geschwindigkeitsstufe signifikant von den anderen. Beim zweiten Termin gilt dies zusätzlich für v2 zu v3, beim dritten zusätzlich für v1 zu allen anderen Geschwindigkeitsstufen.

Beim Vergleich von Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die errechneten *Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeiten der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen* (vgl. Tab. 44, S. 174).



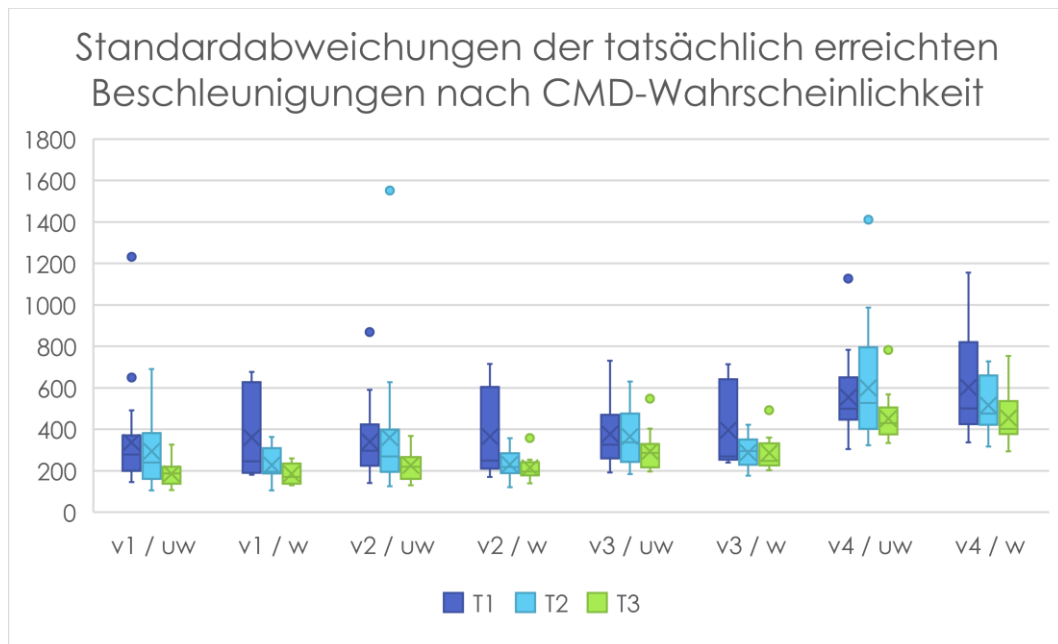


Abb. 32: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Geschwindigkeitsstufen ( $v$ ) je Zeitpunkt ( $T$ ) eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit [ $\text{mm/s}^2$ ]

Die errechneten Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen (vgl. Abb. 32) sind gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 45 und Tab. 46, S. 175 f.):

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit ( $v1/uw$ ;  $v2/uw$ ;  $v3/uw$ ;  $v4/uw$ ) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v1/uw$  bzw.  $v2/uw$  bzw.  $v3/uw$  bzw.  $v4/uw$  von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung für alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit signifikant voneinander unterscheiden mit Ausnahme vom ersten Termin für  $v1$  zu  $v2$ .

Die erste und zweite vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit ( $v1/w$ ;  $v2/w$ ) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v1/w$  bzw.  $v2/w$  von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Die dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit ( $v3/w$ ;  $v4/w$ ) unterscheiden sich zu keinem der Messzeitpunkte signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich die *Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung* für alle Geschwindigkeitsstufen innerhalb der Termine bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit voneinander unterscheiden: Beim ersten Termin setzt sich die vierte Geschwindigkeitsstufe signifikant von allen anderen ab, beim zweiten Termin gilt dies zusätzlich für  $v2$  zu  $v3$ . Beim vierten Termin unterscheiden sich alle Geschwindigkeitsstufen signifikant voneinander.

Beim Vergleich von Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die errechneten *Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen* (vgl. Tab. 47, S. 177).

## 5.6 Feedback

### 5.6.1 Gesamtes Probandenkollektiv

Allen Teilnehmenden wurden nach jedem Absolvieren einer Geschwindigkeitsstufe drei Fragen zu den durchgeführten Runden gestellt, die sie spontan beantworten sollten. Dazu vorgegeben wurde ihnen eine Skala von 0 bis 10, „0“ bedeutet dabei „überhaupt nicht“, „10“ hingegen „volle Zustimmung“. Diese Skala wurde statistisch als metrische Skala behandelt.

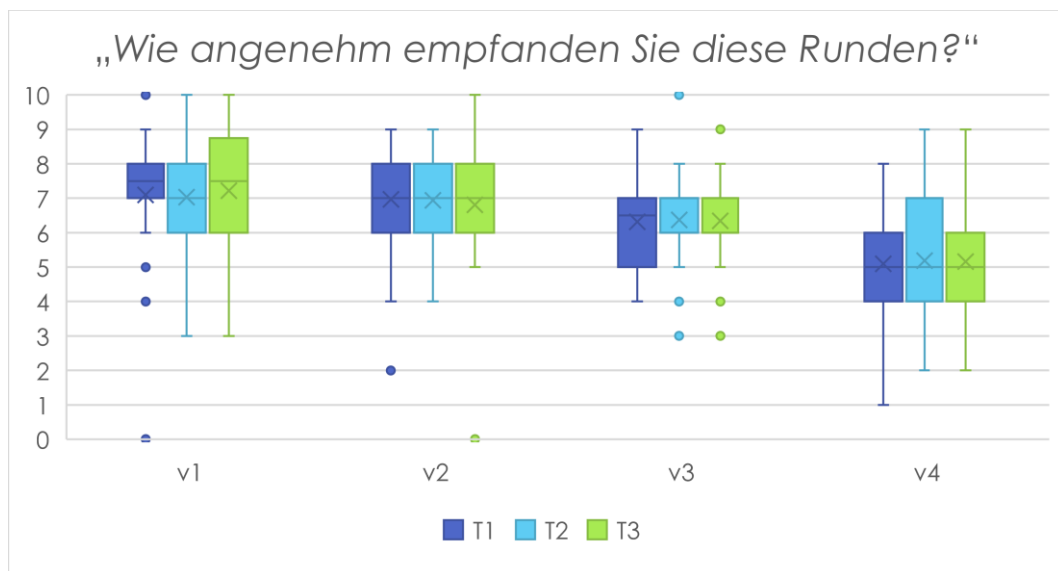


Abb. 33: Boxplots zur Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“

Die Auswertung der ersten Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt an alle Proband\*innen (vgl. Abb. 33) ist gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 48, S. 178):

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit (v1; v2; v3; v4) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage immer die vierte Geschwindigkeitsstufe von allen anderen sowie v1 von v3 innerhalb eines jeden Termins signifikant voneinander

unterscheiden. Beim ersten Termin ist auch der Unterschied von v2 zu v3 signifikant.

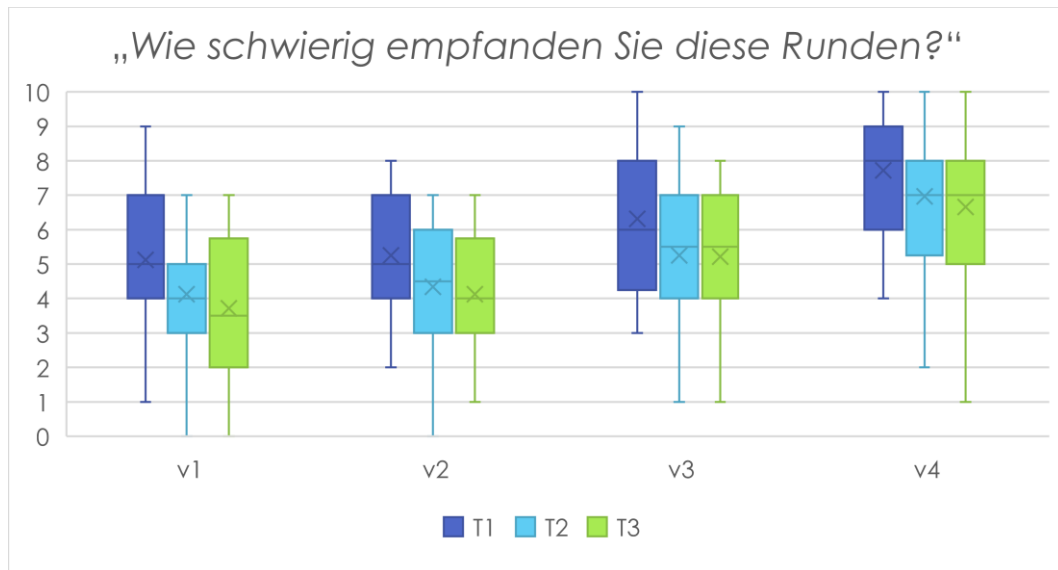


Abb. 34: Boxplots zur Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“

Die Auswertung der zweiten Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt an alle Proband\*innen (vgl. Abb. 34) ist gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 49, S. 179):

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit (v1; v2; v3; v4) unterscheiden sich an einigen Messzeitpunkten signifikant: jeweils T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage immer die dritte und vierte Geschwindigkeitsstufe von allen anderen innerhalb eines jeden Termins signifikant voneinander unterscheiden.

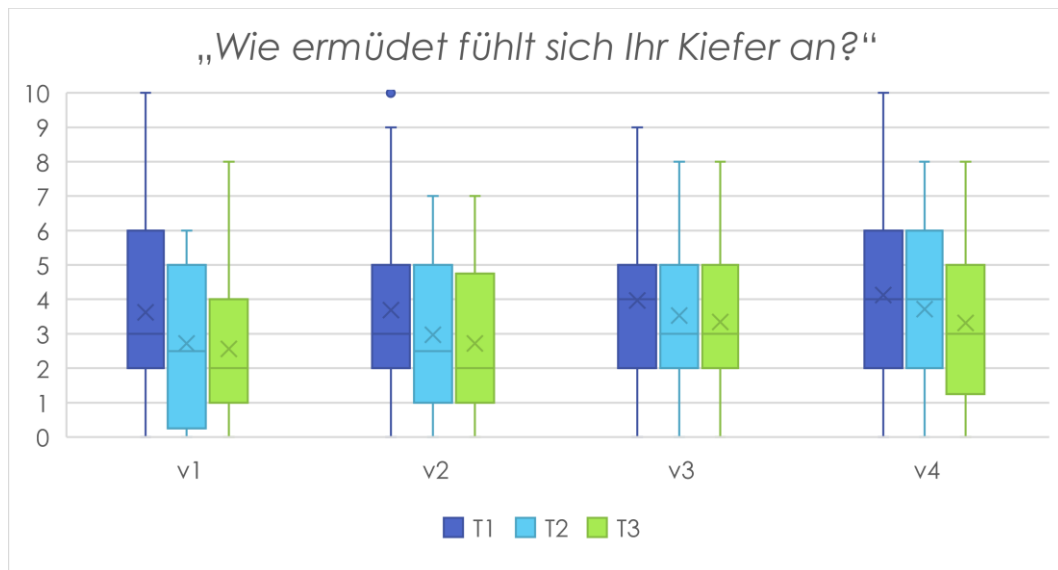


Abb. 35: Boxplots zur Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“

Die Auswertung der dritten Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt an alle Proband\*innen (vgl. Abb. 35) ist gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 50, S. 180):

Die erste und zweite vorgegebene Geschwindigkeit (v1; v2) unterscheiden sich an wenigen Messzeitpunkten signifikant: jeweils T1 zu T3 sind signifikant.

Die dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit (v3; v4) unterscheiden sich zu keinem der Messzeitpunkte signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage immer v1 und v2 von v4 innerhalb eines jeden Termins signifikant voneinander unterscheiden. Beim zweiten und dritten Termin gilt dies zusätzlich für v1 und v2 zu v3.

## 5.6.2 Untergruppen für Geschlechter

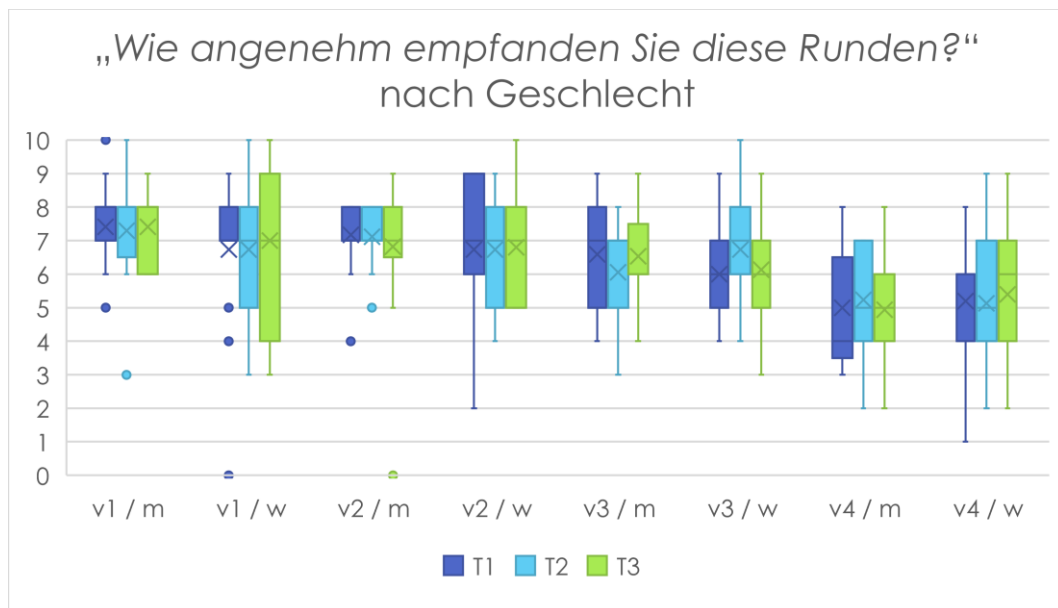


Abb. 36: Boxplots zur Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ nach Geschlecht

Die Auswertung der ersten Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Abb. 36) ist gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 51 und Tab. 52, S. 181 f.):

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v1/m; v2/m; v3/m; v4/m) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die männlichen Probanden die Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine verschieden voneinander unterscheiden: Beim ersten Termin unterscheidet sich die vierte Geschwindigkeitsstufe signifikant von den anderen, beim zweiten gilt dies zusätzlich für die dritte Geschwindigkeitsstufe, beim dritten Termin ist es v4 gegenüber allen und v1 zu v3.

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen (v1/w; v2/w; v3/w; v4/w) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die weiblichen Probandinnen die Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine verschieden voneinander unterscheiden: Beim ersten Termin unterscheiden sich v1 und v2 zu v4 signifikant, beim zweiten gilt dies für die ganze vierte Geschwindigkeitsstufe, beim dritten Termin gibt es keinerlei Signifikanz unter den Geschwindigkeitsstufen.

Beim Vergleich von männlichen und weiblichen Proband\*innen mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die Auswertung der ersten Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Tab. 53, S. 183).

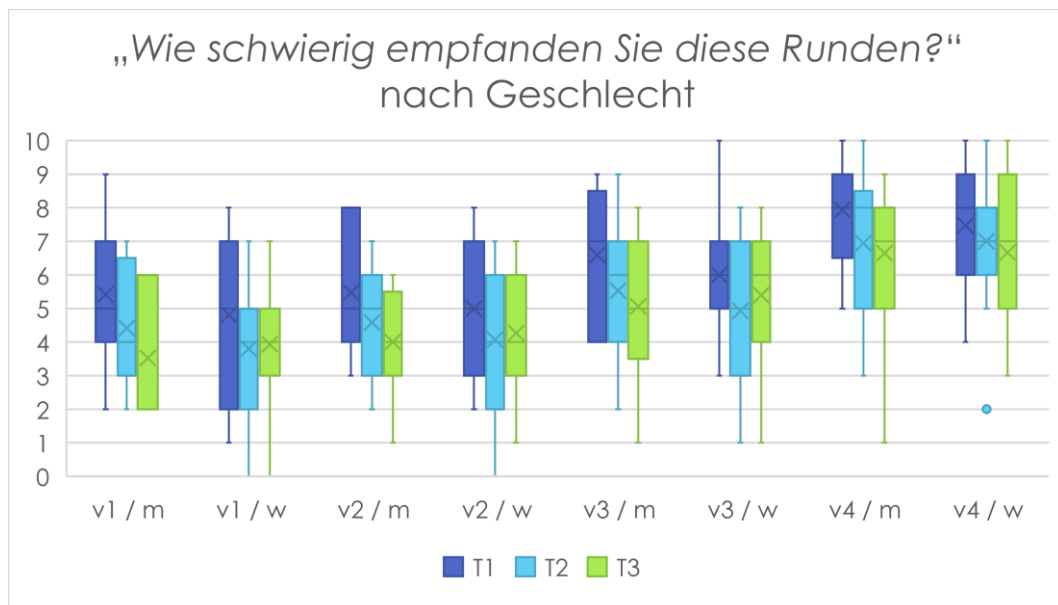


Abb. 37: Boxplots zur Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ nach Geschlecht

Die Auswertung der zweiten Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt

eingeteilt *nach Geschlecht* der Proband\*innen (vgl. Abb. 37) ist gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 54 und Tab. 55, S. 184 f.):

Die erste vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden ( $v1/m$ ) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v1/m$  von T1 zu T3 und T2 zu T3 sind signifikant.

Die zweite und dritte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden ( $v2/m$ ;  $v3/m$ ) unterscheiden sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten:  $v2/m$  bzw.  $v3/m$  von T1 zu T3 sind signifikant.

Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden ( $v4/m$ ) unterscheidet sich signifikant an einigen Messzeitpunkten:  $v1/m$  von T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die männlichen Probanden die Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine signifikant voneinander unterscheiden mit der Ausnahme von  $v1$  zu  $v2$ .

Die erste vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v1/w$ ) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten:  $v1/w$  von T1 zu T2 ist signifikant.

Die zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen ( $v2/w$ ;  $v3/w$ ;  $v4/w$ ) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die weiblichen Probandinnen die Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine verschieden voneinander unterscheiden: Beim ersten und dritten Termin unterscheiden sich die dritte und vierte Geschwindigkeitsstufe signifikant von den anderen, beim zweiten Termin gilt dies nur für die vierte.



Beim Vergleich von männlichen und weiblichen Proband\*innen mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die Auswertung der zweiten Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Tab. 56, S. 186).

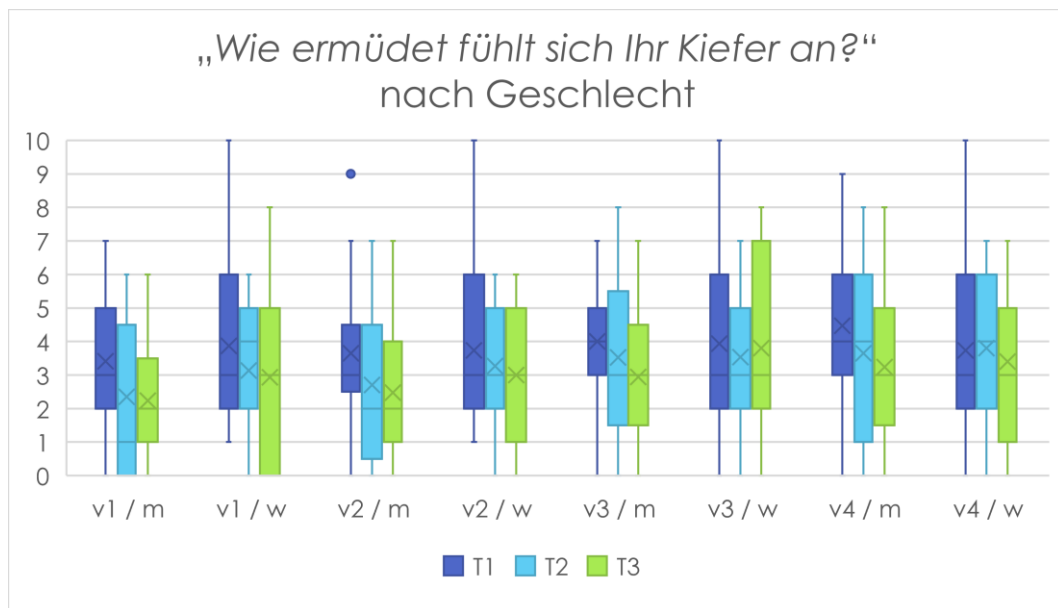


Abb. 38: Boxplots zur Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ nach Geschlecht

Die Auswertung der dritten Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband\*innen (vgl. Abb. 38) ist gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 57 und Tab. 58, S. 187 f.):

Die erste, zweite und dritte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v1/m; v2/m; v3/m) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den männlichen Probanden (v4/m) unterscheidet sich signifikant an wenigen Messzeitpunkten: v1/m von T1 zu T3 ist signifikant.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die männlichen Probanden innerhalb der drei Termine die Geschwindigkeitsstufen v1 und v2 signifikant von v4 unterscheiden. Beim zweiten und dritten Termin gilt dies zusätzlich für v1 und v2 zu v3.

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den weiblichen Probandinnen (v2/w; v3/w; v4/w) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander. Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die weiblichen Probandinnen die Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine nicht signifikant voneinander unterscheiden.

Beim Vergleich von männlichen und weiblichen Proband\*innen mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die Auswertung der dritten Frage „*Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?*“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach *Geschlecht der Proband\*innen* (vgl. Tab. 59, S. 189).

### 5.6.3 Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit

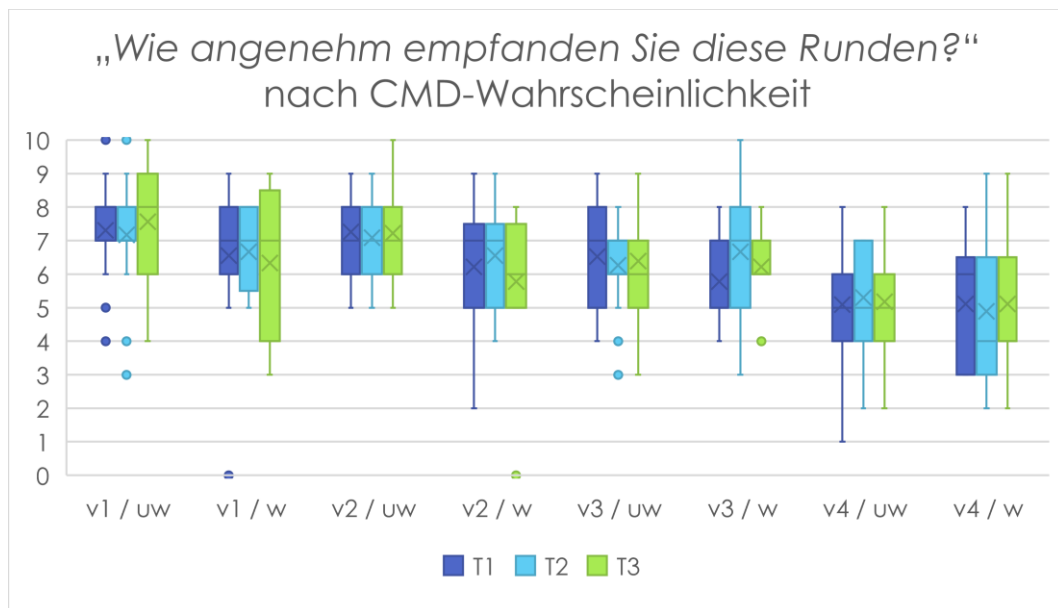


Abb. 39: Boxplots zur Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ nach CMD-Wahrscheinlichkeit

Die Auswertung der ersten Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen (vgl. Abb. 39) ist gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 60 und Tab. 61, S. 190 f.):

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit (v1/uw; v2/uw; v3/uw; v4/uw) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit je die dritte und vierte Geschwindigkeitsstufe innerhalb der drei Termine signifikant von den anderen absetzen.

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit (v1/w; v2/w; v3/w; v4/w) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit die Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine nicht signifikant voneinander unterscheiden mit einer Ausnahme beim zweiten Termin: v1 zu v4.

Beim Vergleich von Proband\*innen mit und ohne CMD-Wahrscheinlichkeit mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die Auswertung der ersten Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen. Einige p-Werte befinden sich auf niedrigem Niveau (vgl. Tab. 62, S. 192).

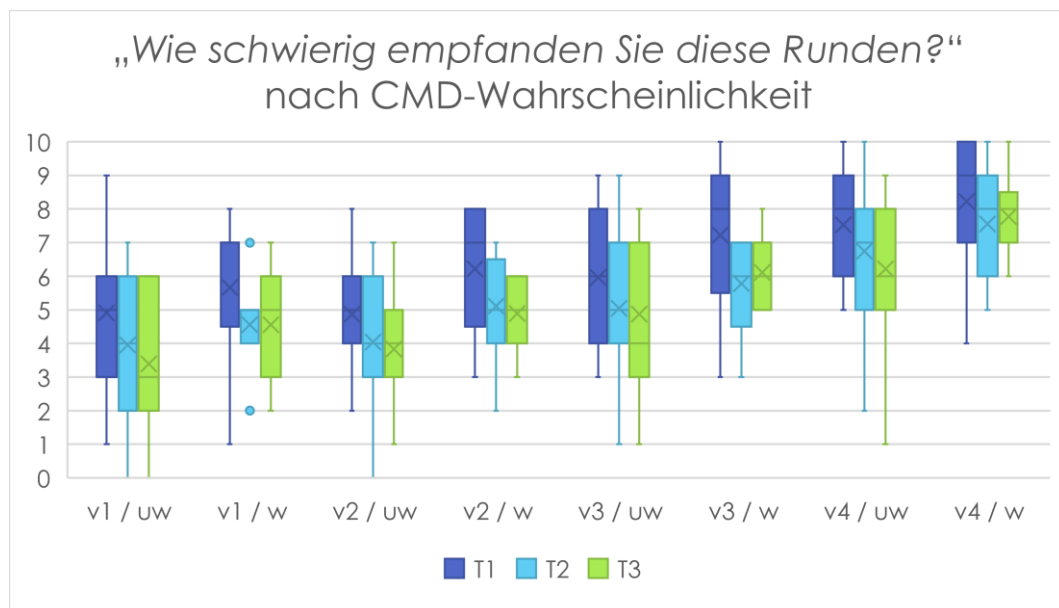


Abb. 40: Boxplots zur Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ nach CMD-Wahrscheinlichkeit

Die Auswertung der zweiten Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen (vgl. Abb. 40) ist gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim

paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 63 und Tab. 64, S. 193 f.):

Die erste, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit ( $v1/uw$ ;  $v3/uw$ ;  $v4/uw$ ) unterscheiden sich signifikant an einigen Messzeitpunkten: jeweils T1 zu T2 und T1 zu T3 sind signifikant.

Die zweite vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit ( $v2/uw$ ) unterscheidet sich signifikant an  $v2/uw$  von T1 zu T3.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit je die dritte und vierte Geschwindigkeitsstufe innerhalb der drei Termine signifikant von den anderen absetzen.

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit ( $v1/w$ ;  $v2/w$ ;  $v3/w$ ;  $v4/w$ ) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit die Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine verschieden voneinander unterscheiden: Beim ersten Termin sind  $v1$  und  $v2$  zu  $v4$  signifikant, beim zweiten Termin gilt dies für die gesamte vierte Geschwindigkeitsstufe gegenüber den anderen, beim dritten Termin kommt zusätzlich noch  $v2$  zu  $v3$  hinzu.

Beim Vergleich von Proband\*innen mit und ohne CMD-Wahrscheinlichkeit mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die Auswertung der zweiten Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der

Proband\*innen. Einige p-Werte befinden sich auf niedrigem Niveau (vgl. Tab. 65, S. 195).

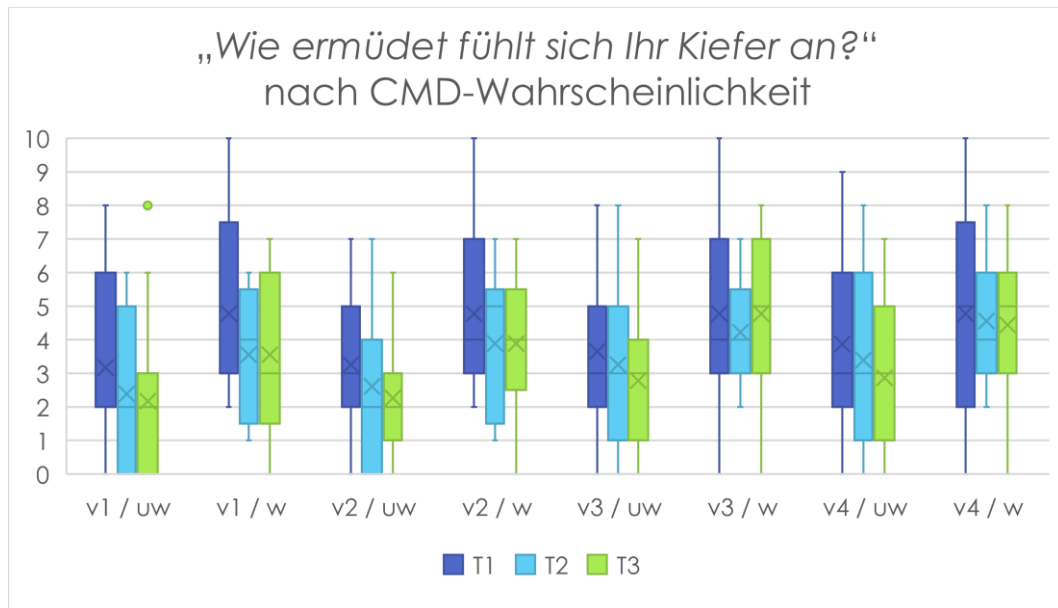


Abb. 41: Boxplots zur Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ nach CMD-Wahrscheinlichkeit

Die Auswertung der dritten Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen (vgl. Abb. 41) ist gemäß Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt. Beim paarweisen Wilcoxon-Vergleich ergeben sich folgende Unterschiede (vgl. Tab. 66 und Tab. 67, S. 196 f.):

Die erste, zweite und dritte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit (v1/uw; v2/uw; v3/uw) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Die vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit (v4/uw) unterscheidet sich signifikant an v4/uw von T1 zu T3.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit die Geschwindigkeitsstufen v1 und v2 zu v3 und v2 zu v4 innerhalb der

drei Termine signifikant absetzen, beim ersten und zweiten Termin gilt dies auch für v1 zu v3.

Die erste, zweite, dritte und vierte vorgegebene Geschwindigkeit bei den Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit (v1/w; v2/w; v3/w; v4/w) unterscheiden sich zu keinem der drei Messzeitpunkte signifikant voneinander.

Des Weiteren wird auffällig, dass sich bei dieser Frage an die Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit die Geschwindigkeitsstufen innerhalb der drei Termine nicht signifikant voneinander unterscheiden mit einer Ausnahme beim dritten Termin: v1 zu v3.

Beim Vergleich von Proband\*innen mit und ohne CMD-Wahrscheinlichkeit mithilfe des Mann-Whitney-U-Testes ergeben sich bei keiner Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt signifikante Unterschiede für die Auswertung der dritten Frage „*Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?*“ für jede Geschwindigkeitsstufe je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen. Eine Ausnahme besteht beim dritten Termin zwischen der zweiten und dritten Geschwindigkeitsstufe, diese Unterschiede stellen sich als signifikant dar. Die restlichen p-Werte befinden sich auf niedrigem Niveau (vgl. Tab. 68, S. 198).

## 5.7 Lieblingsgeschwindigkeiten

### 5.7.1 Gesamtes Probandenkollektiv

Am Ende eines jeden Termins wurden die Teilnehmenden um ein weiteres Feedback gebeten: „Welche war Ihre Lieblingsgeschwindigkeit heute?“ Die Übenden konnten nun die favorisierte Geschwindigkeitsstufe angeben, bei der sie das Gefühl hatten, der Übung Zielscheibe am angenehmsten entsprechen zu können.

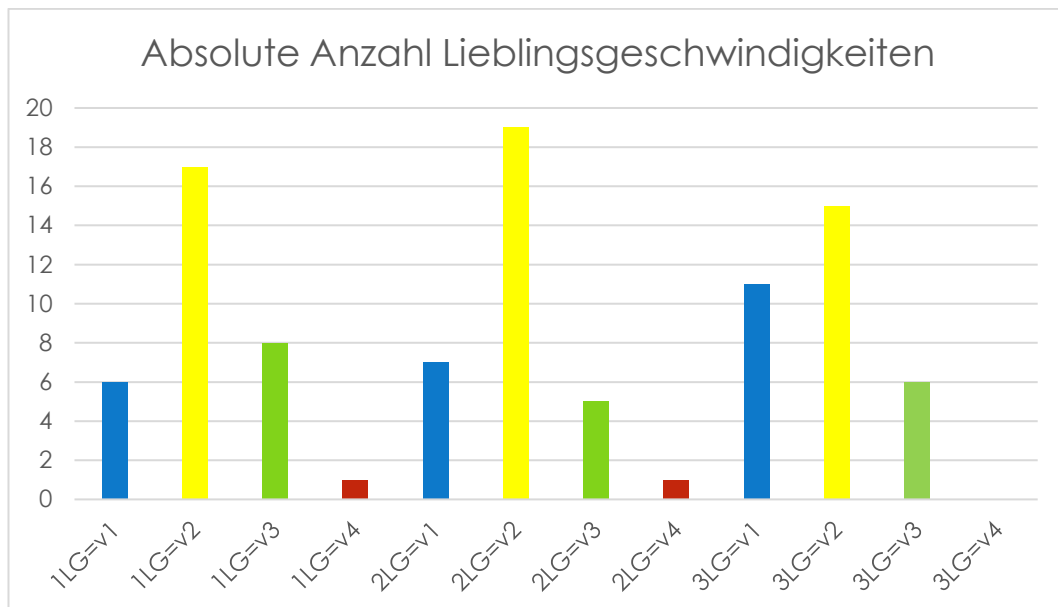


Abb. 42: Absolute Anzahl gewählter Lieblingsgeschwindigkeiten (v) je Termin (T)

Die erste vorgegebene Geschwindigkeitsstufe (v1) hat über die drei Termine an Beliebtheit zugenommen, die vierte (v4) abgenommen. Die zweite und dritte vorgegebene Geschwindigkeitsstufe (v2; v3) haben über die drei Termine an Beliebtheit insgesamt leicht abgenommen, beim zweiten Termin zeigt sich für v2 eine leichte Beliebtheitssteigerung, für v3 eine Abnahme derselben (vgl. Abb. 42).



## 5.7.2 Untergruppen für CMD-Wahrscheinlichkeit

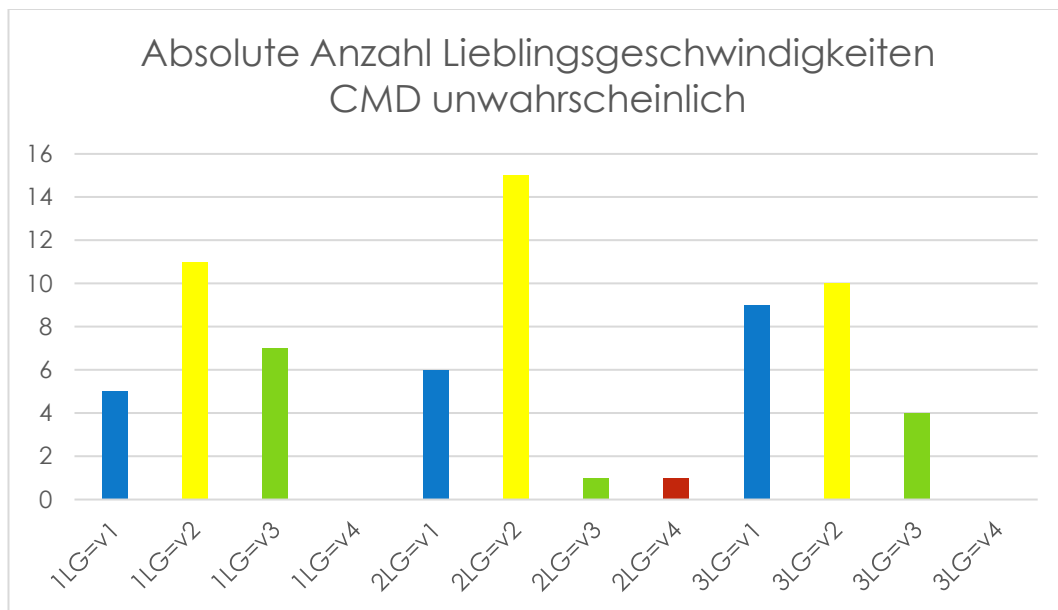


Abb. 43: Absolute Anzahl gewählter Lieblingsgeschwindigkeiten (v) je Termin (T) aller Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit

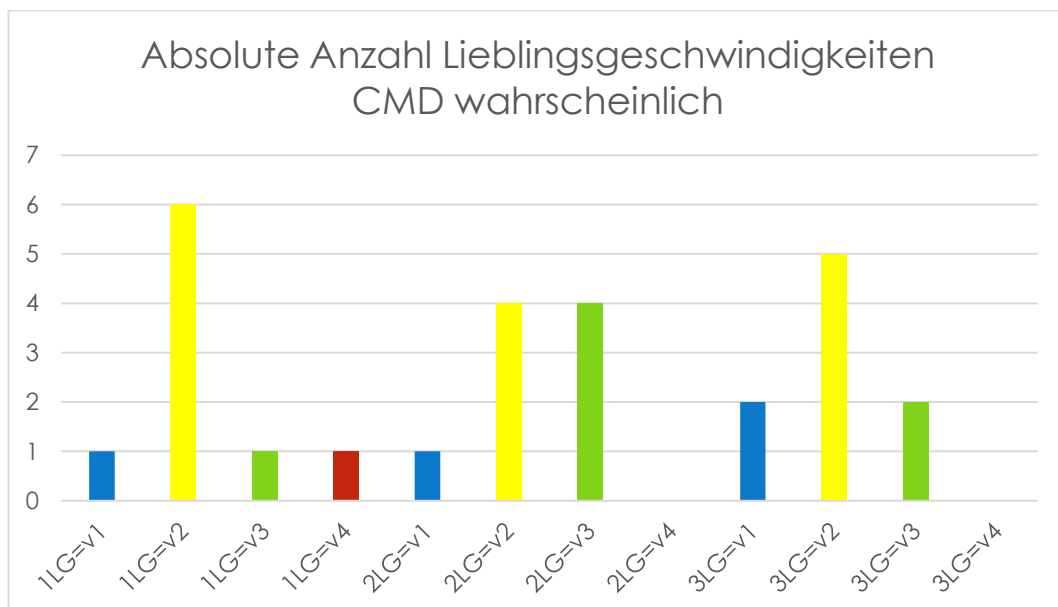


Abb. 44: Absolute Anzahl gewählter Lieblingsgeschwindigkeiten (v) je Termin (T) aller Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit

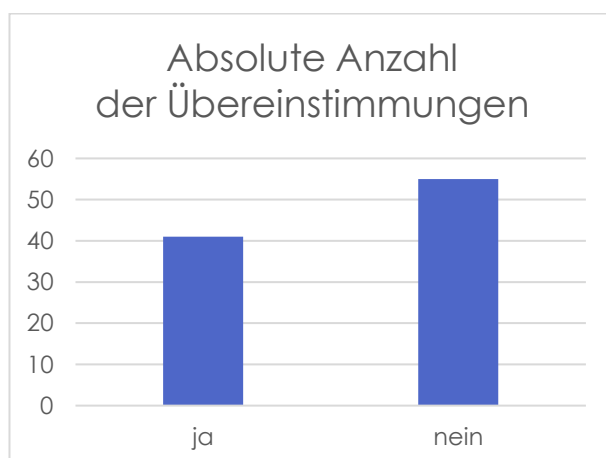
Für die Gruppe der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit gilt der Trend der gesamten Probandenpopulation (vgl. Abb. 43). Für die Gruppe der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit verhält es sich an den zweiten Terminen für v2 und v3 umgekehrt: die zweite Geschwindigkeitsstufe sinkt beim zweiten Termin etwas in

der Beliebtheit und endet beim dritten Termin leicht unter dem Startniveau; die dritte Geschwindigkeitsstufe steigert beim zweiten Termin deutlich die Beliebtheit, beim dritten sinkt sie wieder leicht, aber bleibt über dem Startniveau (vgl. Abb. 44).

### 5.7.3 Relation zur frei gewählten Zwischenstopps-Geschwindigkeit

Bei der Betrachtung, inwiefern die bewusst ausgewählte Lieblingsgeschwindigkeit je Termin mit der unbewusst ausgeführten Cursorgeschwindigkeit bei der Übung Zwischenstopps korreliert, zeigt sich folgender Zusammenhang:

In 41 Fällen zeigt sich eine Übereinstimmung, 55 Fälle entsprechen dem nicht (vgl. Abb. 45).



*Abb. 45: Absolute Anzahl von Übereinstimmungen von bewusst ausgewählter Lieblingsgeschwindigkeit je Termin mit unbewusst ausgeführter Cursorgeschwindigkeit*

Wertet man die Größe des Unterschiedes der Einschätzungen aus, erhält man folgenden Zusammenhang:

Die Diskongruenz zeigt eine deutliche Häufung bei kleineren Unterschieden als bei größeren (vgl. Abb. 46).

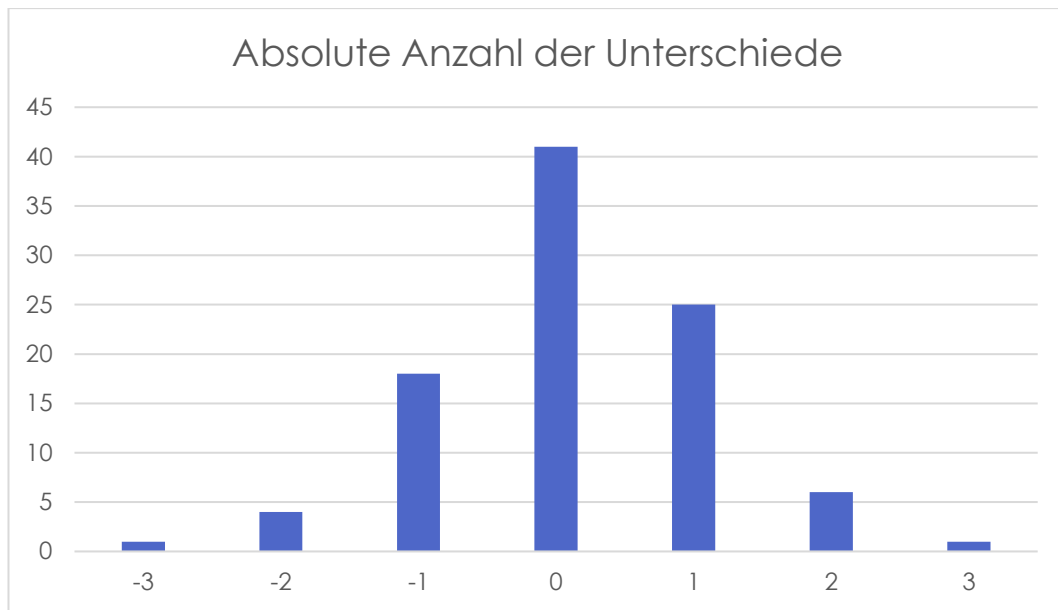


Abb. 46: Absolute Anzahl der Unterschiede von bewusst ausgewählter Lieblingsgeschwindigkeit je Termin mit unbewusst ausgeführter Cursorgeschwindigkeit

## 6 Diskussion

Im folgenden Kapitel soll eine kritische Betrachtung der in der zugrundeliegenden Studie verwendeten Methode durchgeführt sowie die Ergebnisse interpretiert und eine Einordnung in aktuelle Literatur vorgenommen werden.

### 6.1 Diskussion der Methode

#### *Probandenkollektiv*

Das Probandenkollektiv betrifft ausschließlich Studierende der Zahnmedizin, die im Zeitraum der Jahre 2019 – 2020 an der Universitätsmedizin Greifswald immatrikuliert waren. Entsprechend ähnlich ist die Altersverteilung, das soziale Umfeld und der aktuelle Aufenthaltsort der Proband\*innen. Das Studium der Zahnmedizin ist ein arbeitsintensives Vollzeitstudium. Es ist daher von einer vergleichbar hohen Stressbelastung beruflicherseits auszugehen. Die Balance der beiden Geschlechter ist ausgewogen. Der Anteil der Teilnehmenden, bei denen das CMD-Kurzscreening eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer kranio-mandibulären Dysfunktion ergeben hat, liegt bei 28 %. Dies entspricht dem Anteil in der Normalbevölkerung.

Durch den gemeinsamen beruflichen Hintergrund der Teilnehmenden kann von einem intrinsischen Interesse an dem Thema ausgegangen werden. Eine gute Selbstreflexion und -wahrnehmung ist wahrscheinlich. Fraglich ist, ob die Teilnehmenden möglicherweise die Fragen und/oder Übungen „durchschaut“ haben könnten und dadurch eventuelle Manipulationen aufgetreten sind.

#### *CMD-Wahrscheinlichkeit*

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Studienteilnehmenden auf das Vorliegen einer kranio-mandibulären

Dysfunktion überprüft. Dieses geschah durch das Durchführen eines CMD-Kurzscreenings nach Ahlers und Jakstat<sup>50</sup>. Wenn in diesem aus fünf Fragen bzw. Tests bestehende Screening mehr als zwei als positiv bewertet wurden, wurde das Ergebnis als eine erhöhte CMD-Wahrscheinlichkeit gewertet. Auf eine intensive und invasive Diagnostik wurde verzichtet. Dies entspricht zwar dem üblichen Ablauf im klinischen Alltag, führt jedoch zu einer Ungenauigkeit bei der Einschätzung der individuellen CMD-Wahrscheinlichkeit. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass bei den Teilnehmenden mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer CMD-Erkrankung in der ausführlichen instrumentellen Funktionsanalyse zu Beginn der Untersuchung besondere pathologische Auffälligkeiten des kranio-mandibulären Systems, welche zu einer Behandlungsnotwendigkeit geführt hätten, ausgeschlossen wurden.

### SARS-CoV-2

Ein Teil der zugrundeliegenden Untersuchung wurde zur Zeit des zweiten Lockdowns der SARS-CoV-2-Pandemie im Jahr 2020 durchgeführt. Es ist zu diskutieren, ob sich dieser Zustand auf die Leistungen der in dieser Zeit erhobenen Studienergebnisse ausgewirkt haben könnte. Eine Untersuchung der Arbeitsgruppe um Emodi-Perman et al. unterstützt diese Hypothese: Die Umfragestudien von Bürger\*innen der Länder Polen und Israel zeigen eine Verschlechterung des psychoemotionalen Zustandes der Teilnehmenden während des coronabedingten Lockdowns auf. Eine damit einhergehende Verstärkung einer CMD oder eines Bruxismus sowie eine Progredienz von orofazialen Schmerzen wurde beobachtet und könnte damit korrelieren.<sup>123</sup> Auch Wu et al. zeigen in ihrer Untersuchung eine Verschlechterung des psychoemotionalen Zustandes von vielen Menschen in China während der Pandemie. Insbesondere Patient\*innen mit einer TMD-

Symptomatik zeigen mehr Angstepisoden und Depressionen.<sup>124</sup>  
Ähnliche Phänomene sind für die vorliegende Studie nicht auszuschließen.

### *Arbeitsgerät/Hardware*

Bezüglich der Hardware, mit der die zugrundeliegende Studie durchgeführt wurde, müssen zwei Punkte kritisch betrachtet werden:

Das aufsteckbare Attachment bietet zwar einen hohen Tragekomfort im Gegensatz zu anderen üblichen vestibulär und paraokklusal an der Unterkieferfront fixierten Attachments durch das rückstandslose Entfernen, hat jedoch den Nachteil, dass eine habituelle, maximale Interkuspitation, d.h. ein Schlussbiss durch Bisserhöhung in der Unterkieferfront, nicht möglich ist. Daher kann auch der für gewöhnlich einnehmbare Bewegungsraum des Unterkiefers nahe der Schlussbissposition nicht genutzt werden. Die Messung der Kondylenbahnneigung beispielsweise wird rein technisch dadurch ungenauer und weniger reproduzierbar. Diese Effekte spielten für die Untersuchung eine untergeordnete Rolle und wurden in Kauf genommen. Für andere Populationen, z.B. von Kranken, könnten sie ggf. von Relevanz sein.

Zudem ist ein Effekt der Ungewohntheit durch das Tragen des Attachments zu erwarten.

Einen weiteren Punkt stellt die unterschiedliche Kalibrierung des Messsystems dar. Zur Einstellung der Software war es erforderlich, den Kiefer jeweils weit zu öffnen sowie Lateralbewegungen auszuführen. Diese wurden für jeden Termin neu angefertigt und können somit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse, die an verschiedenen Terminen aufgezeichnet wurden, entsprechend einschränken. Zwar wurde von der Untersuchenden während der Studie darauf geachtet, dass die Differenz dieser Kalibrierungswerte der initialen Bewegungen möglichst gering ausfalle, dennoch ist

eine Abweichung der Werte nicht vollständig auszuschließen. Als Ursachen für unterschiedliche Kalibrierungswerte wäre der Zweck einer subjektiven Verringerung der Schwierigkeit für die Teilnehmenden oder ein eintretender Trainingseffekt, der eine größere Mundöffnung ermöglicht, denkbar. Nichtsdestotrotz ist die freiwillige Teilnahmebereitschaft aller Proband\*innen an der vorliegenden Untersuchung herauszustellen.

Die Auswertung der Kalibrierungsweiten aller Teilnehmenden zeigt zu den drei Messzeitpunkten sehr ähnliche Messdaten in Öffnungs- und Lateralbewegungen sowie die Unterteilung der Proband\*innen in Geschlecht und CMD-Wahrscheinlichkeit keine Tendenz für einen der beschriebenen, denkbaren Effekte. Beispielfhaft wird dies in Abb. 47 gezeigt; man beachte die annähernd identischen Mediane für die drei Termine sowie die ähnlichen Streuweiten.

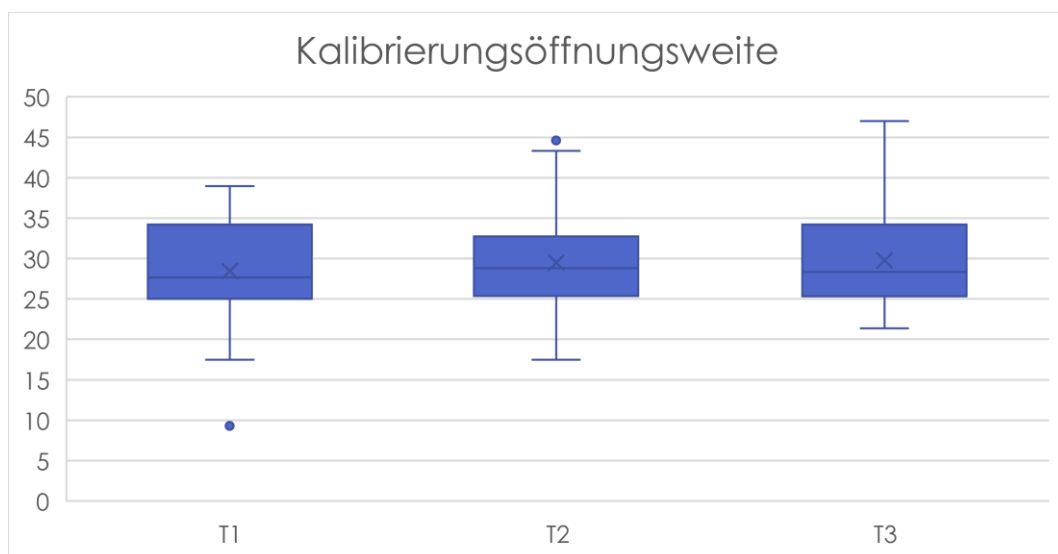


Abb. 47: Boxplots der Kalibrierungsweiten der Öffnungsbewegung [mm] aller Teilnehmenden je Termin (T)

## 6.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sollen nun bewertet, interpretiert und in die aktuelle Studienlage eingeordnet werden.

Gegenstand der Untersuchung waren im Kern drei Übungsprogramme, die unterschiedliche Ergebnisse hervorbrachten.

### 6.2.1 Trainingsprogramm Zielscheibe, Bewegungspräzision

Im Übungsprogramm Zielscheibe können mithilfe bestimmter Parameter Aussagen zur Präzision der ausgeführten Bewegung getroffen werden.

#### *Trefferquote*

Für den Parameter „Trefferquote [%]“ lässt sich ein klarer Zusammenhang von höherer Geschwindigkeit zu schlechterer Trefferquote ziehen. Auffällig dabei ist, dass die vierte Geschwindigkeitsstufe signifikant schlechtere Trefferquotenwerte im Vergleich zu den anderen Geschwindigkeiten zeigt.

Auch die deutliche Verbesserungstendenz im Laufe der drei Termine fällt signifikant höher bei den geringeren Geschwindigkeitsstufen aus als bei den höheren, insbesondere der vierten.

Schaut man sich die Ergebnisse im Parameter *Trefferquote* für die Untergruppe *nach Geschlecht* an, liegen keine signifikanten Unterschiede vor, jedoch sind graphisch deutlich schlechtere Ergebnisse von den weiblichen im Vergleich zu den männlichen Teilnehmenden zu erkennen.

Die Tatsache und Intensität der Verbesserungstendenz im Laufe der drei Termine wird ebenso für die weiblichen Probandinnen ersichtlich.

Für die Untergruppierung *nach CMD-Wahrscheinlichkeit* lassen sich keine signifikanten oder klaren graphischen Unterschiede ausmachen. Bei der vierten Geschwindigkeitsstufe wird lediglich eine noch größere Streuung der Werte für die Teilnehmenden mit einer erhöhten CMD-Wahrscheinlichkeit sichtbar.

#### *Trefferquote Mitte*

Bei dem Parameter „Trefferquote Mitte [%]“ lassen sich dieselben Schlussfolgerungen ziehen wie für den Parameter „Trefferquote [%]“.



Je höher die Geschwindigkeitsstufe, desto schlechter sind die erzielten *Trefferquoten Mitte*. Auch hier zeigen die höheren Geschwindigkeitsstufen eine geringere Verbesserungstendenz über die drei Messtermine.

Der Unterschied zwischen weiblichen (diese waren ungenauer) und männlichen Teilnehmenden lässt sich nicht statistisch signifikant nachweisen, jedoch graphisch feststellen.

### *Bewegungspfadlänge – Zielpfadlänge*

Der Parameter „Bewegungspfadlänge – Zielpfadlänge“ ist eine berechnete Differenz aus der vorgegebenen, idealen Bewegung und der tatsächlich absolvierten Strecke. Diese Differenz wird kleiner, je höher die absolvierte Geschwindigkeitsstufe ist. Dies ist sinnergebend, da eine übende Person mit erhöhter Geschwindigkeitsstufe weniger Zeit hat, eine Strecke zurückzulegen. Bei langsamer Bewegung der Zielscheibe kann der Unterkiefer einfacher mehr bzw. schneller bewegt werden, als es das Programm vorgibt, da es dafür schlichtweg mehr Zeit gibt. Dies kann zu einem Schlingern der Bewegung um die Ideallinie herum führen. Über diese Differenz lässt sich die Präzision der ausgeführten Bewegung bewerten. Es konnte gezeigt werden, dass im Laufe der Untersuchung über die drei Messtermine hinweg diese Differenz je Geschwindigkeitsstufe sinkt und damit die Präzision steigt. Der Geschlechterunterschied findet sich auch bei diesem Parameter: Weibliche Probandinnen haben eine ungenauere Präzision der Bewegung bei erfolgreicherer Verbesserung der Differenz im Laufe der Testtermine.

Zusammenfassend lässt sich zur Präzision der ausgeführten Bewegung in der Übung Zielscheibe sagen, dass diese mit steigender Geschwindigkeitsstufe sinkt, sich aber deutlich über die drei Termine verbessert. Die vierte Geschwindigkeitsstufe zeigt diese

Tendenzen weniger. Es scheint eher zufällig, mit welcher Präzision diese ausgeführt werden kann.

Für die Untergruppe *nach Geschlecht* lässt sich insgesamt eine schlechtere Präzision der Bewegung für weibliche Teilnehmerinnen erkennen. Dennoch verbessern diese sich deutlich über den Zeitraum der Untersuchung.

Die CMD-Wahrscheinlichkeit der Teilnehmenden scheint einen geringen Einfluss auf die Präzision der ausgeführten Unterkieferbewegung zu haben.

Diese Untersuchung bestätigt eine vorangegangene, derzeit noch nicht publizierte Untersuchung mit ähnlicher Methode an 30 Proband\*innen mit einfacherem Übungsprogramm. Der Trainingseffekt bei drei Trainingsterminen im Abstand einer Woche ist ebenfalls nachweisbar.<sup>125, 126</sup>

#### 6.2.2 Trainingsprogramm Zielscheibe, Bewegungsgleichförmigkeit

Auch zur Gleichförmigkeit der durchgeführten Bewegung können Aussagen mithilfe bestimmter Parameter des Übungsprogramms Zielscheibe getroffen werden.

##### *Standardabweichung der Geschwindigkeit*

Mithilfe des Parameters „Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeit der Cursorbewegung“, gemessen am Inzispunkt der Teilnehmenden, kann man die Größe der Amplitude der aufgetretenen Geschwindigkeiten um den Mittelwert derselben einschätzen. Mit dessen Hilfe können Aussagen über die Gleichförmigkeit der Bewegung getroffen werden.

Für diesen Parameter lässt sich ein signifikanter Zusammenhang von schnelleren Geschwindigkeiten und höheren Standardabweichungen feststellen. Bei höheren Geschwindigkeitsstufen scheint es zwar weniger Zeit für überflüssige

Wege zu geben (s.o.), die Bewegungen erscheinen jedoch weniger flüssig.

Auffällig ist, dass sich die einzelnen Geschwindigkeitsstufen hinsichtlich der Gleichförmigkeit häufig von Termin zu Termin signifikant verbessern; d.h. je bekannter eine Geschwindigkeitsstufe für die Proband\*innen war, desto flüssiger wurden diese Runden gespielt.

Für die Einteilung nach CMD-Wahrscheinlichkeit lassen sich die oben genannten Tendenzen zeigen. Eine statistische Signifikanz kann für den Unterschied der CMD-wahrscheinlichen und der CMD-unwahrscheinlichen Gruppe nicht festgestellt werden. Einzig fällt für die CMD-wahrscheinliche Gruppe insbesondere beim ersten Termin auf, dass die Amplitude der Werte im Boxplot graphisch größer erscheint, als die der Teilnehmenden ohne CMD-Wahrscheinlichkeit.

#### *Standardabweichung der Beschleunigung*

Mithilfe des Parameters „Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung“ kann man die Größe der Amplitude der aufgetretenen Beschleunigungen um den Mittelwert derselben einschätzen. Im Vergleich zur Cursorgeschwindigkeit beschreibt die Beschleunigung das Schnellerwerden oder Verlangsamten der durchgeführten Bewegung. Damit können Aussagen über die Gleichförmigkeit der Bewegung getroffen werden.

Erneut wird eine signifikante Verbesserungstendenz mit der Wiederholung der Übung von Termin zu Termin deutlich; d.h. die Beschleunigungen nahmen ab, die Bewegungen wurden mit dem Training gleichförmiger.

Die größtenteils signifikante Erhöhung der Standardabweichung der Bewegungsbeschleunigung mit Erhöhung der Geschwindigkeitsstufe lässt sich auch hier nachweisen.

Hinsichtlich der Auswertung nach Geschlechtern lassen sich für beide Gruppen oben genannte Tendenzen bestätigen. Im Vergleich der beiden Geschlechtergruppierungen ist zu keinem Zeitpunkt und keiner Geschwindigkeitsstufe eine Signifikanz feststellbar.

Für die Untergruppen mit bzw. ohne CMD-Wahrscheinlichkeit sind ebensolche Tendenzen feststellbar. Der Vergleich der beiden Gruppen zeigt keine statistische Signifikanz. Auffällig wird nur, dass innerhalb der Gruppe der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit insgesamt weniger Vergleiche signifikant waren als bei jener ohne eine CMD-Wahrscheinlichkeit. Beispielsweise tritt eine fehlende Signifikanz bei Unterschieden der Geschwindigkeitsstufen v3 und v4 oder eine zunehmende Signifikanz der Geschwindigkeitsstufen mit fortschreitenden Terminen zu Tage. Graphisch zeigt sich beim ersten Messtermin eine deutlich breitere Streuung bzw. Inhomogenität der Werte, d.h. eine größere Amplitude jener, für die Teilnehmenden mit CMD-Wahrscheinlichkeit.

#### *Minimalwerte der Beschleunigungen*

Der Parameter „Minimalwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung“ gibt Aufschluss über das stärkste Bremsen während einer Übung und bildet damit auch einen Teil der Gleichförmigkeit der durchgeführten Bewegung ab.

Es lässt sich feststellen, dass sich die Stärke des Bremsens je Geschwindigkeitsstufe von Termin zu Termin meist signifikant verringert und sich die Geschwindigkeitsstufen untereinander bei späteren Terminen stärker signifikant unterscheiden. Dies lässt Rückschlüsse auf die steigende Gleichförmigkeit der durchgeführten Bewegungen bei späteren Terminen zu.

### *Maximalwerte der Beschleunigungen*

Der Parameter „Maximalwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung“ gibt Aufschluss über das stärkste Beschleunigen während einer Übung und bildet damit auch einen Teil der Gleichförmigkeit der durchgeführten Bewegung ab.

Es lässt sich feststellen, dass sich die Stärke des Beschleunigens je Geschwindigkeitsstufe von Termin zu Termin meist signifikant verringert und sich die Geschwindigkeitsstufen untereinander bei späteren Terminen stärker signifikant unterscheiden. Dies lässt Rückschlüsse auf die steigende Gleichförmigkeit der durchgeführten Bewegungen bei späteren Terminen zu.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Gleichförmigkeit der durchgeführten Bewegungen eine deutliche Verbesserungstendenz während der drei Messtermine aufweist. Zudem war die Gleichförmigkeit für die Teilnehmenden für langsamere Geschwindigkeitsstufen leichter erreichbar als bei schnelleren. Die Auswertung der Untergruppen, eingeteilt nach Geschlecht sowie CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen, zeigt für unterschiedliche Geschlechter keine erkennbaren Unterschiede; für CMD-Wahrscheinlichkeiten nur eine Tendenz, dass die Teilnehmenden mit CMD-Wahrscheinlichkeit mit etwas Übung bei späteren Terminen eine ähnliche Gleichförmigkeit zeigen wie die Gruppe ohne CMD-Wahrscheinlichkeit.

### 6.2.3 Trainingsprogramm Zielscheibe, Feedback

Allen Teilnehmenden wurden nach jeder durchgeführten Geschwindigkeitsstufe drei Fragen gestellt, denen jeweils eine Antwortskala von 0 bis 10 zugrunde lag.

### *„Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“*

Die Auswertung der Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ ergibt klare Beliebtheitsunterschiede der verschiedenen Geschwindigkeitsstufen untereinander. Auch graphisch ist eine Beliebtheitsabnahme mit steigender Geschwindigkeitsstufe sichtbar. Die vierte Geschwindigkeitsstufe wurde signifikant unangenehmer als alle anderen bewertet, die dritte signifikant unangenehmer im Vergleich zur ersten.

Die wahrgenommene Beliebtheit der einzelnen Geschwindigkeitsstufen verändert sich im Laufe der drei Messtermine nicht.

Dieselben Ergebnisse sind auch einzeln für die Geschlechtergruppen und CMD-Wahrscheinlichkeits-Gruppen zu erkennen. Der Vergleich der jeweiligen Gruppen miteinander ergibt keine Signifikanz, jedoch wird eine graphische Tendenz für eine verminderte Beliebtheit der ersten beiden Geschwindigkeitsstufen bei den weiblichen Probandinnen und bei jenen mit einer CMD-Wahrscheinlichkeit ersichtlich.

### *„Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“*

Die Auswertung der Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ zeigt klare Schwierigkeitsunterschiede der verschiedenen Geschwindigkeitsstufen untereinander. Die dritte und vierte Geschwindigkeitsstufe wurden signifikant schwieriger als die ersten Stufen bewertet. Die wahrgenommene Schwierigkeit der Geschwindigkeitsstufen im Verlauf der Untersuchung sinkt signifikant im Vergleich mit dem ersten Messtermin für alle Stufen.

Dieselben Tendenzen lassen sich ebenfalls für die Gruppe der nach Geschlecht eingeteilten Proband\*innen ablesen. Signifikante Unterschiede gibt es nicht zwischen den beiden Geschlechtern, jedoch wird ersichtlich, dass bei den Probandinnen die Schwierigkeitsabnahme im Laufe der Untersuchung für jede

einzelne Geschwindigkeitsstufe kaum signifikant ist. Dies könnte ein Hinweis darauf die oben genannte Beobachtung sein, dass es einen objektiv messbaren wie auch subjektiven Unterschied für die Durchführbarkeit der Übungen von Probandinnen und Probanden gibt.

Ein ähnliches Ergebnis lässt sich für die Unterscheidung der Teilnehmenden nach CMD-Wahrscheinlichkeit feststellen. Für die Gruppe mit CMD-Wahrscheinlichkeit ist die empfundene Schwierigkeitserleichterung im Laufe der Untersuchung nicht signifikant nachweisbar, lediglich graphisch darstellbar.

Der Vergleich der beiden Gruppen von Teilnehmenden mit und ohne CMD-Wahrscheinlichkeit ist ebenfalls nicht signifikant, jedoch sind die p-Werte auf einem niedrigen Niveau, das bedeutet dass der Unterschied statistisch nicht eindeutig genug ist, um als signifikant gelten zu können, jedoch sind genannte p-Werte nah an eben dieser Grenze. Es ist graphisch eine erhöhte Schwierigkeitsempfindung bei Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit als Tendenz feststellbar.

Es ist möglich, dass durch die Auswahl eines quantitativ und/oder qualitativ veränderten Probandenkollektivs (manifeste CMD oder ausführlichere Auswahl zur Klassifizierung der individuellen CMD-Wahrscheinlichkeit) durchaus signifikante Unterschiede deutlich würden.

#### *„Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“*

Die Auswertung der Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ ergibt klare Ermüdungsunterschiede der verschiedenen Geschwindigkeitsstufen untereinander. Die vierte und auch häufig die dritte Geschwindigkeitsstufe wurden signifikant ermüdender wahrgenommen als die erste und zweite.

Die empfundene Ermüdung im orofazialen System der Geschwindigkeitsstufen im Verlauf der Untersuchung von erstem zu

zweitem Termin sinkt signifikant für die unteren beiden Geschwindigkeitsstufen. Diese Entwicklung zeigen auch die anderen Stufen graphisch, jene ist jedoch nicht statistisch signifikant. Dieselben Tendenzen zeigen auch die Untergruppen nach Geschlecht. Diese Ergebnisse finden sich meist ebenfalls nur graphisch, nicht statistisch signifikant.

Für die Einteilung nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Teilnehmenden lassen sich oben genannte Tendenzen bei der Gruppe ohne CMD-Wahrscheinlichkeit erkennen, für die Gruppe mit CMD-Wahrscheinlichkeit ist dies eher weniger signifikant als vielmehr graphisch auszumachen. Auch die Ermüdungsabnahme im Laufe der Untersuchung ist in dieser Untergruppe nicht klar festzustellen. Der Vergleich der beiden Gruppen stellt sich größtenteils als nicht signifikant heraus, graphisch lassen sich jedoch eine deutlich höhere empfundene Ermüdung bei niedrigen p-Werten für die Teilnehmenden mit CMD-Wahrscheinlichkeit erkennen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Feedback um die zweite Geschwindigkeitsstufe einen Beliebtheitshöhepunkt ausmacht. Die vierte Geschwindigkeitsstufe scheint eher zufällig gut durchführbar und meist als deutlich schwieriger und ermüdender empfunden.

Die weiblichen Teilnehmenden dieser Untersuchung zeigen in den Kategorien „Schwierigkeit“ und „Ermüdung des Kiefers“ insgesamt ein konstanteres Feedback, Tendenzen sind meist nur graphisch erkennbar im Vergleich zu den männlichen Probanden. Diese decken sich mit den objektiveren Messdaten.

Für die Gruppe der Teilnehmenden mit CMD-Wahrscheinlichkeit lässt sich festhalten, dass diese die Übungen insgesamt als weniger angenehm, schwieriger und ermüdender empfinden. Dies ist sicherlich in der Sache an sich zu begründen.



#### 6.2.4 Trainingsprogramm Zwischenstopps, Lieblingsgeschwindigkeiten

Am Ende eines jeden Termins wurden die Teilnehmenden um ein weiteres Feedback gebeten (Feedbackebene 2): „Welche war Ihre Lieblingsgeschwindigkeit heute?“. Diese Frage ermöglicht eine Auswertung der subjektiv am besten empfundenen Geschwindigkeitsstufe. Ähnlich den objektiven Messwerten (s. S. 96 ff.) und Ergebnissen der Feedbackfragen nach jeder Geschwindigkeitsstufe (s. S. 101 ff.; Feedbackebene 1) ist die zweite Geschwindigkeitsstufe klarer Beliebtheitssieger. Die vierte Geschwindigkeit wurde sehr selten als am besten bewertet. Besonders beim ersten Termin ist diese deutliche Überlegenheit der zweiten Geschwindigkeitsstufe auffällig. Im Verlauf der Termine bleibt diese bestehen, jedoch zeigt sich eine Beliebtheitssteigerung für die erste Geschwindigkeitsstufe. Bei der Betrachtung der Untergruppe mit CMD-Wahrscheinlichkeit ist diese Verteilung der Stimmen für die zweite Geschwindigkeitsstufe beim ersten Termin auf die erste und dritte Geschwindigkeitsstufe im Verlauf der Untersuchung besonders deutlich. Dieses Phänomen deckt sich mit dem Feedback einzelner Teilnehmenden im Abschlussgespräch (Feedbackebene 3), dass die erste Geschwindigkeitsstufe zu Beginn sehr anstrengend für die naive untrainierte Kaumuskulatur sei, während die höheren Geschwindigkeitsstufen zunächst koordinativ zu schwierig seien. Im Verlauf der Untersuchung zeigte sich, dass diese Einschätzung rückläufig war.

#### *Zusammenhang zur Übung Zwischenstopps*

Bei der Übung Zwischenstopps wurde keine Bewegungsgeschwindigkeit vorgegeben, sondern die Teilnehmenden konnten ihre Bewegung in einer frei gewählten Geschwindigkeit ausführen.

Diese scheint eine klare Relation zur subjektiv empfundenen Lieblingsgeschwindigkeitsstufe der Übung Zielscheibe zu haben. Diese Übereinstimmung ist für ca. 50% der Fälle zutreffend. Schaut man sich die Abweichung der Übereinstimmung an, zeigt sich ein klarer Zusammenhang: Die empfundene Lieblingsgeschwindigkeit ist der freiwillig gewählten Geschwindigkeit gleich bzw. sehr ähnlich.

Auch diese Ergebnisse bestätigen Geschwindigkeitsstufen ähnlich der zweiten Geschwindigkeit als sinnvoll für kommende Übungsprogramme.

#### 6.2.5 Trainingsprogramm Snake

Zu Beginn eines jeden Studientermins sollten die Teilnehmenden das Spiel Snake spielen, um sich mit der Steuerung und dem Messsystem vertraut zu machen.

Die Messdaten dieser Übung waren zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikant. Dieses Ergebnis muss kritisch bewertet werden, da es den Übenden freigestellt wurde, wie viele Runden sie spielen wollten und wie ernsthaft sie versucht haben, eine Bestleistung zu erreichen. Die intrinsische Motivation der Einzelnen für die Qualität der Ausführung dieser Übung war vermutlich unterschiedlich ausgeprägt.

Für eine reliable Auswertung wäre ein geeichter Versuchsaufbau sowie Anleitung/Instruktion/Motivation der Teilnehmenden notwendig.

### 6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit so darstellen:

Die erste Geschwindigkeitsstufe (zwei Runden zu je 30 Sekunden pro Umrundung der Kreisbahn) erscheint zunächst anspruchsvoller, wird für Geübte jedoch leichter durchzuführen. Die dritte (je 15

Sekunden pro Umrundung) und insbesondere zweite Geschwindigkeitsstufe (je 22,5 Sekunden pro Umrundung) scheinen eine gute Übungsgeschwindigkeit darzustellen, die auch von den Teilnehmenden dieser Untersuchung als am positivsten bewertet wurden. Die vierte Stufe (je 7,5 Sekunden pro Umrundung) wirkt in dieser Studie zu schnell für einen zuverlässigen Übungseffekt, da das Treffen der Zielbewegungsbahn auch im fortgeschrittenen Verlauf der Untersuchung eher zufällig erscheint.

Insgesamt zeigt das Training aber eine klare Verbesserungstendenz über die drei Studientermine hinweg. Dabei ist nicht klar abzugrenzen, welchen Anteil an diesem Effekt strukturell anatomische Veränderungen des kranio-mandibulären Systems oder die Weiterentwicklung kognitiver Fähigkeiten zuzusprechen sind.

Signifikante, messbare Unterschiede zwischen den Untergruppen der Geschlechter oder der Proband\*innen mit oder ohne CMD-Wahrscheinlichkeit sind nicht klar auszumachen. Dennoch gibt es sichtbare Tendenzen, dass die weiblichen Teilnehmenden den männlichen hinsichtlich der Präzision der durchgeführten Bewegung möglicherweise unterlegen sind.

Ein Erklärungsansatz für diesen Geschlechterunterschied wäre in der Tatsache zu suchen, dass Frauen unterschiedlich mit Computer- bzw. Videospiele umgehen. Harwell et al. beschreiben in ihrer Arbeit ähnliche Unterschiede bei Videospiele für weibliche und männliche Teilnehmende.<sup>127</sup>

Die Proband\*innen mit einer erhöhten CMD-Wahrscheinlichkeit zeigen insbesondere beim Feedback eine unterschiedliche Wahrnehmung der Übungen, die Runden wurden als weniger angenehm, schwieriger und ermüdender bewertet. In der Präzision sind keine deutlichen Unterschiede für diese Untergruppen auszumachen, jedoch scheint es den Teilnehmenden mit CMD-Wahrscheinlichkeit schwieriger, die Bewegungen ebenso

gleichförmig auszuführen wie denjenigen, die laut CMD-Kurzbefund keine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer CMD besitzen.

Das Einzelfeedback am Ende des letzten Studientermins (Ebene 3) fiel überwiegend positiv aus. Viele Proband\*innen berichten über das Gefühl, dass ihnen die Übungen im Verlauf deutlich leichter fielen. Einige Proband\*innen berichteten, nachts keine Aufbisschiene zu benötigen und weniger Verspannungen im kranio-mandibulären System zu bemerken.

Trotz tendenzieller Unterschiede zwischen den Geschlechtern oder der Gruppe mit und ohne CMD-Wahrscheinlichkeit lässt sich eine Wirksamkeit des Trainings für alle Untergruppen ausmachen. Insofern stellt der vorliegende Versuchsaufbau eine neue Möglichkeit für gerichtete Kiefergelenksübungen und damit der Behandlung von Störungen des kranio-mandibulären Systems dar.

Bezüglich der Trainierbarkeit und Wirksamkeit von Kieferübungen für die kranio-mandibulären Bewegungsabläufe können die Untersuchungen von Bucci et al. bestätigt werden.<sup>67</sup> Auch die Arbeitskreise um Lindfors et al. konnten ebenfalls eine Effektivität von Kieferübungen bei der Behandlung von orofazialen Schmerzen, die durch eine TMD ausgelöst wurden, darlegen. Sie heben den geringeren Kostenaufwand im Vergleich zur Therapie durch Stabilisierungsgeräte sowie einen klaren Vorteil gegenüber Aufbisschienen hervor: das Wohlbefinden der Patient\*innen ist nicht von einem Gegenstand abhängig; der Trainingseffekt kann mit wirksamen Übungen selbstständig und unabhängig beeinflusst werden.<sup>69-72</sup>

Diese Erkenntnisse stützen auch Storm Mienna et al. mit ihrer Arbeit.<sup>73</sup>

## 6.4 Evidenz und Einheitlichkeit der Behandlungsansätze

Insgesamt ist festzustellen, dass das Evidenzlevel der Datenlage in der Literatur zu Kieferübungen und der physiotherapeutischen bzw. manuellen Therapie des kranio-mandibulären Systems sehr niedrig ist. Die mangelnde Evidenzlage stellen auch Armijo-Olivo et al. dar. Ebenfalls erwähnen sie die Tatsache, dass es keine Anzeichen für ein Nichtfunktionieren von manueller Therapie im Kieferbereich zu geben scheint.<sup>128</sup>

Vergleichende Arbeiten, die verschiedene Therapien untersucht haben, beispielsweise von de Melo et al.<sup>129</sup>, Eliassen et al.<sup>130</sup>, La Touche et al.<sup>131</sup> und Wieckiewicz et al.<sup>132</sup> kommen in diesem Punkt zu demselben Ergebnis.

Giannakopoulos beschreibt auch, dass es wichtig zu beachten sei, dass die meisten CMD- bzw. TMD-Studien in darauf spezialisierten Kliniken durchgeführt werden während sich die Beschwerden im kranio-mandibulären System, die in der ambulanten Praxis behandelt werden, meist einfacher behandeln lassen.<sup>133</sup>

Festzuhalten ist jedoch, dass insbesondere europäische Physiotherapeut\*innen weniger und uneinheitlicher für die Therapien der TMD ausgebildet werden als bspw. die amerikanischen Kolleg\*innen wie Shaffner et al. darstellen.<sup>134</sup> Daher fordern auch u.a. Shimada et al. eine Einheitlichkeit in den Behandlungsansätzen für die Bewegungstherapie des Kiefergelenkes.<sup>135</sup>

Die ungenügende Evidenz liegt sicher zu einem großen Teil in der mangelnden Vergleichbarkeit der verschiedenen Übungen und deren Durchführung begründet. Eine Vergleichbarkeit von Kieferübungen konnten wir in unserer Untersuchung erreichen, indem wir ein Messsystem und Computerprogramm benutzt haben, welche allen Proband\*innen dieselbe Ansicht dargeboten und die Messergebnisse zuverlässig sowie objektiv erfasst haben. Insofern

liegt in diesem Versuchsaufbau ein großes Potential um die Evidenzlage kommender Studien deutlich verbessern zu können.

## 6.5 Ausblick und praktische Anwendung

Die Autorin dieser Arbeit und ihre Arbeitsgruppe sehen die vorliegende Untersuchung als Pilotstudie für eine digitale Anleitung von funktionellen Übungen des kranio-mandibulären Systems. Grundlegende Daten können zu der Wirksamkeit eines solchen Trainings geliefert und Anhaltspunkte abgeleitet werden, wie Zusammenhänge in folgenden Studien bewertet und untersucht werden können. In erster Linie könnte ein größeres, inhomogeneres Probandenkollektiv generiert werden, welches bspw. auch kiefergelenkskranke Personen inkludiert sowie unterschiedliche Altersgruppen und sozioökonomische Status abbildet. Für Übungen, in denen eine Bewegungsgeschwindigkeit vorgegeben werden soll, scheinen sich Geschwindigkeiten ähnlich der von uns verwendeten zweiten Geschwindigkeitsstufe sinnvoll zu eignen. Es stellt sich so dar, als erziele eine vorgegebene Geschwindigkeit ähnlich der vierten Stufe eher zufälliger und weniger reliable Ergebnisse.

Möglicherweise interessant für zukünftige Untersuchungen könnte der Einfluss verschiedener computergestützter Übungen auf messbare Veränderungen aktiver Grenzbewegungen des Unterkiefers sein. In vorliegender Untersuchung wurde eine Anfangs- sowie Abschlussmessung durchgeführt. Die erste Messung gab primär den Anhalt, eine stark ausgeprägte Kiefergelenkserkrankung und Limitation ausschließen zu können. Nach Abschluss aller Untersuchungen wurden sogenannte Reports erstellt und zusammen mit den Teilnehmenden – mit fachlichem Interesse, wenn gewünscht – ausgewertet. In einigen Fällen konnte eine Erweiterung der Unterkieferbewegungen, eine Harmonisierung der Posselt'schen

Diagramme (geringere Mittellinienabweichungen beim Öffnen und gleichmäßigere Mediotrusionsbewegungen) sowie eine Harmonisierung der Kondylenbewegungen beobachtet werden. Da der Messablauf dafür nicht standardisiert war, können diese Beobachtungen lediglich als Hinweise gedeutet werden und müssten in weiteren Untersuchungen belegt werden.

Die in der vorliegenden Untersuchung geeichten Übungsbedingungen sind aufgrund ihrer Komplexität und ihres Aufwandes für die alltägliche praktische Anwendung eher schwierig realisierbar.

Dennoch können sich die Autor\*innen dieser Arbeit ein ähnliches Setting für funktionszahnärztlich oder physiotherapeutisch arbeitende Praxen und Kliniken vorstellen. Mithilfe dieses Aufbaus könnten ohne zusätzlichen Aufwand gleichzeitig eine differenzierte Funktionsanalyse sowie zahlreiche detaillierte Informationen zu den Bewegungen des kranio-mandibulären Systems der Patient\*innen gewonnen werden.

Ebenso denkbar wäre eine Applikation für ein mobiles Endgerät, mit der die Übungen für die Patient\*innen zuhause durchführbar wären. Über biometrische Programme wäre möglicherweise auch der spielerische Aspekt mit einer App umsetzbar. Klarer Vorteil dieses Szenarios wäre, dass potentiell geeignete, mobile Endgeräte bereits jetzt zahlreich in der Bevölkerung verbreitet sind und somit keine additionalen Anschaffungskosten für eine zusätzliche Hardware auf Patient\*innen hinzukämen.

## 7 Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Arbeit wurden die Effekte eines digitalen Übungssystems für das kranio-mandibuläre System hinsichtlich einiger Parameter für die Bewegungspräzision und Bewegungsgleichförmigkeit untersucht. Ein entsprechendes Bewegungstraining für das Kausystem bietet klare Vorteile: die Wirksamkeit für die Therapie von Beschwerden im Kopf-Hals-Bereich sind wissenschaftlich gut belegt. Die Compliance sowie Motivation der Patient\*innen – insbesondere auf längere Sicht – kann durch attraktive Übungen und Spiele sowie eine ansprechende Gestaltung im Vergleich zu herkömmlichen Kieferübungen bspw. Übungen vor dem Spiegel deutlich erhöht werden. Bezüglich der Zielsetzung dieser Untersuchung lassen sich folgende Punkte festhalten:

- Beim Durchführen einer jeden Geschwindigkeitsstufe der Übung „Zielscheibe“ gibt es einen deutlichen Verbesserungseffekt im Verlauf der Studie. Für die langsamen Geschwindigkeitsstufen ist dieser klarer messbar und auch subjektiv durch die Teilnehmenden feststellbar.
- Bezüglich der Präzision sowie auch der Gleichförmigkeit der durchgeführten Bewegungen während der Übung Zielscheibe lässt sich eine Verschlechterung einhergehend mit einer höheren Geschwindigkeitsstufe feststellen bei progredienter Verbesserung im Verlauf der Wiederholungen.
- Bezüglich der Durchführbarkeit der vier Geschwindigkeitsstufen lässt sich für die vierte, schnellste Geschwindigkeitsstufe eine gewisse Zufälligkeit beobachten, auch subjektiv wurde die Machbarkeit der vierten Stufe eher als unzuverlässig beschrieben.
- Weibliche Probandinnen zeigen eine Tendenz zu schlechteren Ergebnissen hinsichtlich der Bewegungspräzision als die männlichen Probanden. Für die Untergruppen nach



CMD-Wahrscheinlichkeit sind diese Unterschiede nicht feststellbar.

- Teilnehmende mit einer erhöhten CMD-Wahrscheinlichkeit zeigen eine Tendenz zu schlechteren Ergebnissen hinsichtlich der Bewegungsgleichförmigkeit als jene ohne eine wahrscheinliche CMD. Für die Untergruppen nach Geschlecht der Proband\*innen sind diese Unterschiede nicht feststellbar.
- Das von den Teilnehmenden gegebene Feedback der Ebene 1 und 2 (nach jeder Geschwindigkeitsstufe und am Ende eines Studientermins) zeigt eine Favorisierungsmaximum um die zweite Geschwindigkeitsstufe herum. Die vierte Geschwindigkeitsstufe wird am schlechtesten bewertet.
- Das nicht numerische Feedback der Ebene 3 (am Ende des letzten Studientermins) zeigt eine wahrgenommene Verbesserung in den Übungen und eine subjektive Wirksamkeit für (leichte) Spannungszustände der Kiefermuskulatur.
- Die Daten der subjektiven Empfindung der Teilnehmenden aus den Feedbackbefragungen (Ebene 1 – 3) stimmen mit den objektiven Messdaten überein.

Erste Ergebnisse der zugrundeliegenden Untersuchung, wie verbesserte Übungsergebnisse im Verlauf der Studie sowie erkennbare Geschlechterunterschiede, wurden bereits publiziert.<sup>136</sup>

## 8 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Parameter von computergestützten Kieferübungen und deren Effekte auf das kranio-mandibuläre System untersucht.

Es wurden 32 Studierende der Zahnmedizin der Universitätsmedizin Greifswald (15 Frauen und 17 Männer) an drei Terminen, die jeweils eine Woche auseinander lagen, zu speziellen Übungen für den Unterkiefer mithilfe eines computergestützten Messsystems (JMA+ und Winjaw+, Fa. zebris Medical GmbH, D-Isny; Programme „Snake“, „Zwischenstopps“ und „Zielscheibe“, Universitätsmedizin Greifswald) angeleitet und aufgezeichnet. Ein Feedback der Teilnehmenden zu der Übung Zielscheibe wurde auf drei Ebenen eingeholt: nach jeder einzelnen durchgeführten Übung (Ebene 1), nach jedem Übungstermin (Ebene 2) und nach vollständigem Durchlaufen der gesamten Untersuchung (Ebene 3). Mithilfe der Feedbackebenen 1 und 2 konnten die individuellen Erfahrungen der Teilnehmenden bezogen auf einzelne Geschwindigkeitsstufen, durch die Feedbackebene 3 die Durchführbarkeit bzw. Wirkung des gesamten Trainings ausgewertet werden.

Alle Ergebnisauswertungen wurden für das gesamte Probandenkollektiv sowie untergruppiert nach Geschlecht und CMD-Wahrscheinlichkeit der Teilnehmenden vorgenommen. Es zeigt sich für alle Auswertungsgruppen eine Trainierbarkeit des kranio-mandibulären Systems durch den verwendeten Versuchsaufbau, wenngleich Unterschiede bei der Ausführung der Unterkieferbewegung hinsichtlich der Präzision, d.h. wie exakt die vorgegebene Bahn getroffen wurde, für die Unterteilung nach Geschlecht sowie bei der Bewegungsgleichförmigkeit, d.h. wie gleichmäßig die Geschwindigkeit der Unterkieferbewegung gehalten wurde, für die Gruppen nach CMD-Wahrscheinlichkeit der Proband\*innen sichtbar werden.

Diese Untersuchung gibt Grund zur Annahme, dass eine geeignete vorgegebene Geschwindigkeit für digital unterstützte Unterkieferübungen ähnlich der in dieser Arbeit verwendeten zweiten Geschwindigkeitsstufe sinnvoll ist. Diese wurde von den Testpersonen insgesamt am positivsten bewertet und konnte am besten ausgeführt werden.

Für individuelle Trainingsziele kann diese Untersuchung eine Orientierung geben, wie Übungen angepasst werden könnten, um diese zu erreichen.

Um die gewonnenen Erkenntnisse aus der zugrundeliegenden Untersuchung zu präzisieren und auf einem hohen Evidenzniveau verifizieren zu können, sind weitere Studien auf dieser Grundlage zu empfehlen.

## 9 Literaturverzeichnis

- 1 J. Wiesner; *Entstehung von Schmerzen in den Kiefergelenken und der Kaumuskulatur in Therapie von Kiefergelenksschmerzen*, Hrsg. W. Stelzenmüller und J. Wiesner, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 2010, S. 60-69.
- 2 W. A. Arnold; *Mundhöhle, Kauapparat, Zunge, Gaumen, Mundboden, Speicheldrüsen in Anatomie Das Lehrbuch*, Hrsg. J. Waschke, T. M. Böckers und F. Paulsen, Urban & Fischer Verlag, München 2015.
- 3 G. T. Bittar, C. A. Bibb und A. G. Pullinger; *Histologic characteristics of the lateral pterygoid muscle insertion to the temporomandibular joint*, J Orofac Pain, Band 8 (3), 1994, S. 243-249.
- 4 B. Tillmann; *Kiefergelenk in Farbatlas der Anatomie Zahnmedizin-Humanmedizin*, Hrsg. B. Tillmann, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1997, S. 60-66.
- 5 M. Schünke, E. Schulte und U. Schumacher; *Biomechanik des Kiefergelenks in PROMETHEUS Kopf, Hals und Neuroanatomie*, Hrsg. M. Schünke, E. Schulte und U. Schumacher, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2018, S. 68-69.
- 6 B. Kordaß, O. Bernhardt, A. Ratzmann, S. Hugger und A. Hugger; *Standard and limit values of mandibular condylar and incisal movement capacity*, Int J Comput Dent, Band 17 (1), 2014, S. 9-20.
- 7 M. Lange, O. Ahlers und P. Ottl; *Krankheitsbilder*, <https://www.dgfdt.de/krankheitsbilder>, Datum des letzten Zugriffs: 13.04.2022.
- 8 I. Peroz und S. Peroz; *Bruxismus - die S3-Leitlinie zu Diagnostik und Therapie*, der junge Zahnarzt, Springer Medizin Verlag, Band 02, 2020, S. 3538.
- 9 E. Mph Nogueira Coutinho, K. Mph Pereira Rodrigues Dos Santos, E. Mph Henrique Barros Ferreira, R. Bhs Grailea Silva Pinto und M. Dph de Oliveira Sanchez; *Association between self-reported sleep bruxism and temporomandibular disorder in undergraduate students from Brazil*, Cranio, Band 38 (2), 2020, S. 91-98.
- 10 B. Ohlmann, M. Waldecker, M. Leckel, W. Bomicke, R. Behnisch, P. Rammelsberg und M. Schmitter; *Correlations between Sleep Bruxism and Temporomandibular Disorders*, J Clin Med, Band 9 (2), 2020, S. 611.
- 11 W. Schulte, D. Lukas und G. Sauer; *Myoarthropathies. Epidemiologic aspects, analytic and therapeutic results*, Dtsch Zahnärztl Z, Band 36 (6), 1981, S. 343-353.

- 12 A. Hugger, M. Lange, H. J. Schindler und J. C. Türp; *Begriffsbestimmungen: Funktionsstörung, Dysfunktion, craniomandibuläre Dysfunktion (CMD), Myoarthropathie des Kausystems (MAP)*, <https://www.dgfdt.de/documents/266840/266917/Begriffsbestimmungen+NEU/>, Datum des letzten Zugriffs: 13.04.2022.
- 13 K. Maini und A. Dua; *Temporomandibular Joint Syndrome* in StatPearls, Treasure Island (FL) 2020.
- 14 J. Wiesner; *2 Allgemeine Grundlagen in Therapie von Kiefergelenksschmerzen*, Hrsg. W. Stelzenmuller und J. Wiesner, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2004, S. 15-35.
- 15 A. Banafa, A. L. Suominen und K. Sipila; *Factors associated with signs of temporomandibular pain: an 11-year-follow-up study on Finnish adults*, *Acta Odontol Scand*, Band 78 (1), 2020, S. 57-63.
- 16 R. H. Tonin, L. Iwaki Filho, E. Grossmann, R. O. Lazarin, G. N. S. Pinto, I. T. S. Previdelli und L. C. V. Iwaki; *Correlation between age, gender, and the number of diagnoses of temporomandibular disorders through magnetic resonance imaging: A retrospective observational study*, *Cranio*, Band 38 (1), 2020, S. 34-42.
- 17 A. Rauch, S. Hahnel, A. Kloss-Brandstatter und O. Schierz; *Patients referred to a German TMD-specialized consultation hour-a retrospective on patients without a diagnosis according to RDC/TMD decision trees*, *Clin Oral Investig*, Band 25, 2021, S. 5641-5647.
- 18 Y. C. Lai, A. U. Yap und J. C. Turp; *Prevalence of temporomandibular disorders in patients seeking orthodontic treatment: A systematic review*, *J Oral Rehabil*, Band 47 (2), 2020, S. 270-280.
- 19 B. Jedynak, M. Jaworska-Zaremba, B. Grzechocinska, M. Chmurska, J. Janicka und J. Kostrzewa-Janicka; *TMD in Females with Menstrual Disorders*, *Int J Environ Res Public Health*, Band 18, 2021.
- 20 M. C. Goiato, M. F. Haddad, D. M. dos Santos, A. R. Garcia, P. R. Zuim und A. C. Zavanelli; *Silent period-dentate, edentulous, and patients with craniomandibular dysfunction*, *J Craniofac Surg*, Band 21 (5), 2010, S. 1641-1645.
- 21 R. Valentino, I. Cioffi, S. Vollaro, R. Cimino, R. Baiano und A. Michelotti; *Jaw muscle activity patterns in women with chronic TMD myalgia during standardized clenching and chewing tasks*, *Cranio*, Band 39, 2021, S. 157-163.

- 22 S. Mitrirattanakul und S. Jariyasakulroj; *Dental treatment as perceived etiology of temporomandibular disorders*, *Cranio*, Band 38 (2), 2020, S. 109-114.
- 23 C. Kirschneck; *Dysgnathie, Kieferorthopädie und kraniomandibuläre Dysfunktion - gibt es Zusammenhänge?*, *Quintessenz*, Band 11, 2017, S. 1253-1260.
- 24 C. Kirschneck und P. Proff; *Welche wechselseitigen Beziehungen bestehen zwischen kieferorthopädischer Therapie und kraniomandibulären Dysfunktionen?* in *Kraniomandibuläre Dysfunktionen*, Hrsg. M. Behr und J. Fanghänel, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2020, S. 122-127.
- 25 B. Giray und S. Sadry; *Modifications in Class I and Class II Div. 1 malocclusion during orthodontic treatment and their association with TMD problems*, *Cranio*, Band 39, 2021, S. 65-73.
- 26 Z. Benhabib-Damerdji; *Dentofacial orthopedics and craniomandibular dysfunction*, *Orthod Fr*, Band 77 (4), 2006, S. 461-469.
- 27 A. Emodi-Perlman, T. Hochhauser, P. Winocur, P. Friedman-Rubin und I. Eli; *The effect of smartphones on daytime sleepiness, temporomandibular disorders, and bruxism among young adults*, *Quintessence Int*, Band 52 (6), 2021, S. 548-559.
- 28 I. M. Nilsson und T. List; *Does adolescent self-reported TMD pain persist into early adulthood? A longitudinal study*, *Acta Odontol Scand*, 2020, S. 1-7.
- 29 L. B. Campi, C. M. Visscher, P. C. J. Ongaro, G. V. do Vale Braidó, G. Fernandes und D. A. G. Goncalves; *Widespread Pain and Central Sensitization in Adolescents with Signs of Painful Temporomandibular Disorders*, *J Oral Facial Pain Headache*, Band 34 (1), 2020, S. 83-91.
- 30 S. Dodic; *Prevalence of craniomandibular dysfunction signs and symptoms in students of the school of stomatology in Belgrade*, *Srp Arh Celok Lek*, Band 132 (9), 2004, S. 294-301.
- 31 G. F. Benassi, L. G. S. Mariotto, A. L. Botelho, M. L. D. C. Valente und A. C. D. Reis; *Relationship between temporomandibular dysfunctions, sleep disorders, and anxiety among dentistry students*, *Cranio*, 2020, S. 1-4.
- 32 J. E. Owczarek, K. M. Lion und M. Radwan-Oczko; *Manifestation of stress and anxiety in the stomatognathic system of undergraduate dentistry students*, *J Int Med Res*, Band 48 (2), 2020, S. 300060519889487.
- 33 S. Park, H. A. Heo, K. I. Yun und S. W. Pyo; *High prevalence of stress and suicidal ideation in women with temporomandibular disorder: A population-based cross-sectional survey*, *Cranio*, 2020, S. 1-7.

- 34 K. Back, M. Hakeberg, U. Wide, D. Hange und L. Dahlstrom; *Orofacial pain and its relationship with oral health-related quality of life and psychological distress in middle-aged women*, Acta Odontol Scand, Band 78 (1), 2020, S. 74-80.
- 35 C. M. B. M. Resende, L. G. D. D. S. Rocha, R. P. Paiva, C. D. S. Cavalcanti, E. O. Almeida, A. G. Roncalli und G. A. S. Barbosa; *Relationship between anxiety, quality of life, and sociodemographic characteristics and temporomandibular disorder*, Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, Band 129 (2), 2020, S. 125-132.
- 36 G. de la Torre Canales, L. R. Bonjardim, R. L. Poluha, F. F. Carvalho Soares, L. Guarda-Nardini, P. R. Conti und D. Manfredini; *Correlation Between Physical and Psychosocial Findings in a Population of Temporomandibular Disorder Patients*, Int J Prosthodont, Band 33 (2), 2020, S. 155-159.
- 37 M. Osiewicz, F. Lobbezoo, B. Ciapala, J. Pytko-Polonczyk und D. Manfredini; *Pain Predictors in a Population of Temporomandibular Disorders Patients*, J Clin Med, Band 9 (2), 2020, S. 452.
- 38 L. B. Calixtre, A. B. Oliveira, F. Alburquerque-Sendin und S. Armijo-Olivo; *What is the minimal important difference of pain intensity, mandibular function, and headache impact in patients with temporomandibular disorders? Clinical significance analysis of a randomized controlled trial*, Musculoskelet Sci Pract, Band 46, 2020, S. 102-108.
- 39 M. Wieckiewicz, N. Grychowska, M. Nahajowski, S. Hnitecka, K. Kempiak, K. Charemska, A. Balicz, A. Chirkowska, M. Zietek und E. Winocur; *Prevalence and Overlaps of Headaches and Pain-Related Temporomandibular Disorders Among the Polish Urban Population*, J Oral Facial Pain Headache, Band 34 (1), 2020, S. 31-39.
- 40 G. Almoznino, A. Zini, A. Zakuto, H. Zlutzky, S. Bekker, B. Shay, Y. Haviv, Y. Sharav und R. Benoliel; *Cervical Muscle Tenderness in Temporomandibular Disorders and Its Associations with Diagnosis, Disease-Related Outcomes, and Comorbid Pain Conditions*, J Oral Facial Pain Headache, Band 34 (1), 2020, S. 67-76.
- 41 R. Buegers, T. Kleinjung, M. Behr und V. Vielsmeier; *Is there a link between tinnitus and temporomandibular disorders?*, J Prosthet Dent, Band 111 (3), 2014, S. 222-227.
- 42 A. Ilgunas, A. Wanman und M. Stromback; *'I was cracking more than everyone else': young adults' daily life experiences of hypermobility and jaw disorders*, Eur J Oral Sci, Band 128 (1), 2020, S. 74-80.

- 43 H. Stimmer, L. Ritschl, C. Goetz, A. Kolk, B. Hofauer, M. Wirth, A. Knopf, A. Ott und K. D. Wolff; *What Role Does Synovitis Play in Craniomandibular Dysfunction (CMD)? A 3T-MRI Study*, *Rofo*, Band 191 (10), 2019, S. 924-931.
- 44 S. Kindler, C. Schwahn, O. Bernhardt, A. Sohnel, M. Mksoud, R. Biffar, G. Meyer, H. Volzke, H. R. Metelmann und H. J. Grabe; *Association Between Symptoms of Posttraumatic Stress Disorder and Signs of Temporomandibular Disorders in the General Population*, *J Oral Facial Pain Headache*, Band 33 (1), 2019, S. 67-76.
- 45 K. C. Lee, Y. T. Wu, W. C. Chien, C. H. Chung, L. C. Chen und Y. S. Shieh; *The prevalence of first-onset temporomandibular disorder in low back pain and associated risk factors: A nationwide population-based cohort study with a 15-year follow-up*, *Medicine (Baltimore)*, Band 99 (3), 2020, S. e18686.
- 46 M. M. Youssef Mohamed, M. M. Dahaba, M. M. Farid und A. M. Ali Elsayed; *Radiographic changes in TMJ in relation to serology and disease activity in RA patients*, *Dentomaxillofac Radiol*, Band 49 (1), 2020, S. 20190186.
- 47 Y. Ma, S. Liu, H. Shu, J. Crawford, Y. Xing und F. Tao; *Resveratrol alleviates temporomandibular joint inflammatory pain by recovering disturbed gut microbiota*, *Brain Behav Immun*, Band 87, 2020, S. 455-464.
- 48 M. K. A. van Selms, J. W. Wieggers, H. A. van der Meer, J. Ahlberg, F. Lobbezoo und C. M. Visscher; *Temporomandibular disorders, pain in the neck and shoulder area, and headache among musicians*, *J Oral Rehabil*, Band 47 (2), 2020, S. 132-142.
- 49 P. Rammelsberg; *Funktionelle Erkrankungen des Kauystems*, *wissen kompakt*, Springer Medizin Verlag, Band 2 (2), 2008, S. 3-9.
- 50 O. Ahlers; *CMD-Screening mit dem CMD-Kurzbefund*, *MBZ Mitteilungsblatt Berliner Zahnärzte*, Band 6, 2018, S. 10-15.
- 51 P. Ottl, I. Peroz, M. Lange, Ch. Mentler, A. Wolowski und O. Ahlers; *CMD-SCREENING (CMD-BASISDIAGNOSTIK) der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT)*, <https://www.dgfdt.de/documents/266840/22655647/CMD-Screening+2020/>, Datum des letzten Zugriffs: 13.04.2022.
- 52 P. Ottl, O. Ahlers, M. Lange, K-H. Utz und T. Reiber; *Klinischer Funktionsstatus der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT) in der DGZMK*, <https://www.dgfdt.de/documents/266840/406693/Erfassungsformular+Funktionsstatus+2012/>, Datum des letzten Zugriffs: 13.04.2022.



- 53 A. Asendorf, J. Mollenkamp, O. Schierz, A. Rauch, T. Asendorf, P. Rammelsberg und L. Eberhard; *Interexaminer reliability of the German version of the DC/TMD*, J Oral Rehabil, Band 48, 2021, S. 28-34.
- 54 M. Schmitter; *Standardisierte klinische Untersuchung bei Funktionsstörungen*, wissen kompakt, Springer Medizin Verlag, Band 2 (2), 2008, S. 13-19.
- 55 J. C. Türp und P. Nilges; *Welche Instrumente eignen sich für die Achse-II-Diagnostik?*, DZZ Deutsche Zahnärztliche Zeitung, Band 5, 2016, S. 362-366.
- 56 M. Leckel; *Umsetzung psychosomatischer Konzepte in der zahnärztlichen Praxis*, wissen kompakt, Springer Medizin Verlag, Band 2 (2), 2008, S. 23-29.
- 57 D. R. Reißmann; *Effizienter Einsatz von Fragebögen bei CMD-Patienten in der Praxis*, wissen kompakt, Springer Medizin Verlag, Band 1, 2019, S. 3-16.
- 58 I. Peroz; *Bildgebende Verfahren in der erweiterten Diagnostik kraniomandibulärer Dysfunktionen*, Quintessenz, Band 1, 2017, S. 71-79.
- 59 M. Q. Liu, X. W. Zhang, W. P. Fan, S. L. He, Y. Y. Wang und Z. Y. Chen; *Functional changes of the lateral pterygoid muscle in patients with temporomandibular disorders: a pilot magnetic resonance images texture study*, Chin Med J (Engl), Band 133 (5), 2020, S. 530-536.
- 60 R; Krohn Bürgers, S, Gersdorff, N; Frahm, J; *Darstellung der Kiefergelenksfunktion mittels Echtzeit-MRT*, DZZ Deutsche Zahnärztliche Zeitung, Band 4, 2016, S. 292-296.
- 61 B. Massaroto Barros, D. A. Biasotto-Gonzalez, S. K. Bussadori, Caip Gomes und F. Politti; *Is there a difference in the electromyographic activity of the masticatory muscles between individuals with temporomandibular disorder and healthy controls? A systematic review with meta-analysis*, J Oral Rehabil, Band 47 (5), 2020, S. 672-682.
- 62 M. O. Mazzetto, M. A. Anacleto, C. A. Rodrigues, R. M. Braganca, G. Paiva und L. Valencise Magri; *Comparison of mandibular movements in TMD by means of a 3D ultrasonic system and digital caliper rule*, Cranio, Band 35 (1), 2017, S. 46-51.
- 63 B. Kordaß und S. Ruge; *Lösungsansätze für einen virtuellen Artikulator*, wissen kompakt, Springer Medizin Verlag, Band 13, 2019, S. 21-31.
- 64 D. Hellmann und H. J. Schindler; *Funktionstherapie mit Okklusionsschienen*, wissen kompakt, Springer Medizin Verlag, Band 13, 2019, S. 35-44.

- 65 G. Minervini, L. Nucci, A. Lanza, F. Femiano, M. Contaldo und V. Grassia; *Temporomandibular disc displacement with reduction treated with anterior repositioning splint: a 2-year clinical and magnetic resonance imaging (MRI) follow-up*, J Biol Regul Homeost Agents, Band 34 (1), 2020, S. 151-160.
- 66 M. A. Barbosa, A. K. Tahara, I. C. Ferreira, L. Intelangelo und A. C. Barbosa; *Effects of 8 weeks of masticatory muscles focused endurance exercises on women with oro-facial pain and temporomandibular disorders: A placebo randomised controlled trial*, J Oral Rehabil, Band 46 (10), 2019, S. 885-894.
- 67 R. Bucci, F. Lobbezoo, A. Michelotti und M. Koutris; *Two repetitive bouts of intense eccentric-concentric jaw exercises reduce experimental muscle pain in healthy subjects*, J Oral Rehabil, Band 45 (8), 2018, S. 575-580.
- 68 M. Garrigos-Pedron, R. La Touche, P. Navarro-Desentre, M. Gracia-Naya und E. Segura-Orti; *Effects of a Physical Therapy Protocol in Patients with Chronic Migraine and Temporomandibular Disorders: A Randomized, Single-Blinded, Clinical Trial*, J Oral Facial Pain Headache, Band 32, 2018, S. 137-150.
- 69 E. Lindfors, E. Hedman, T. Magnusson, M. Ernberg und P. Gabre; *Patient Experiences of Therapeutic Jaw Exercises in the Treatment of Masticatory Myofascial Pain: A Qualitative Study*, J Oral Facial Pain Headache, Band 31 (1), 2017, S. 46-54.
- 70 E. Lindfors, T. Arima, L. Baad-Hansen, M. Bakke, A. De Laat, N. N. Giannakopoulos, A. Glaros, A. S. Guimaraes, A. Johansson, Y. Le Bell, F. Lobbezoo, A. Michelotti, F. Muller, R. Ohrbach, A. Wanman, T. Magnusson und M. Ernberg; *Jaw Exercises in the Treatment of Temporomandibular Disorders-An International Modified Delphi Study*, J Oral Facial Pain Headache, Band 33 (4), 2019, S. 389-398.
- 71 E. Lindfors, T. Magnusson und M. Ernberg; *Effect of Therapeutic Jaw Exercises in the Treatment of Masticatory Myofascial Pain: A Randomized Controlled Study*, J Oral Facial Pain Headache, Band 34, 2020, S. 364-373.
- 72 E. Lindfors, T. Magnusson und M. Ernberg; *Patients' experiences of therapeutic jaw exercises in the treatment of masticatory myofascial pain-A postal questionnaire study*, J Oral Rehabil, Band 46 (9), 2019, S. 800-806.
- 73 C. Storm Mienna, L. Glas, M. Magnusson, A. Ilgunas, B. Haggman-Henrikson und A. Wanman; *Patients' experiences of supervised jaw-neck exercise among patients with localized TMD pain or TMD pain associated with generalized pain*, Acta Odontol Scand, Band 77 (7), 2019, S. 495-501.

- 74 J. D. Sault, A. J. Emerson Kavchak, N. Tow und C. A. Courtney; *Regional effects of orthopedic manual physical therapy in the successful management of chronic jaw pain*, *Cranio*, Band 34 (2), 2016, S. 124-132.
- 75 I. Makino, Y. C. Arai, S. Aono, M. Inoue, H. Sakurai, Y. Ohmichi, K. Shimo, M. Nishihara, J. Sato, N. Hatakeyama, T. Matsubara, T. Ikemoto und T. Ushida; *Jaw Exercise Therapy and Psychoeducation to Reduce Oral Parafunctional Activities for the Management of Persistent Dentoalveolar Pain*, *Pain Res Manag*, Band 2018, 2018, S. 5042067.
- 76 B. C. Machado, M. O. Mazzetto, M. A. Da Silva und C. M. de Felicio; *Effects of oral motor exercises and laser therapy on chronic temporomandibular disorders: a randomized study with follow-up*, *Lasers Med Sci*, Band 31 (5), 2016, S. 945-954.
- 77 F. T. Brochado, L. H. Jesus, V. C. Carrard, A. L. Freddo, K. D. Chaves und M. D. Martins; *Comparative effectiveness of photobiomodulation and manual therapy alone or combined in TMD patients: a randomized clinical trial*, *Braz Oral Res*, Band 32, 2018, S. 1-50.
- 78 N. N. Giannakopoulos, A. K. Rauer, D. Hellmann, S. Hugger, M. Schmitter und A. Hugger; *Comparison of device-supported sensorimotor training and splint intervention for myofascial temporomandibular disorder pain patients*, *J Oral Rehabil*, Band 45 (9), 2018, S. 669-676.
- 79 A. Wanman und S. Marklund; *Treatment outcome of supervised exercise, home exercise and bite splint therapy, respectively, in patients with symptomatic disc displacement with reduction: A randomised clinical trial*, *J Oral Rehabil*, Band 47 (2), 2020, S. 143-149.
- 80 A. Michelotti, F. Parisini, M. Farella, R. Cimino und R. Martina; *Muscular physiotherapy in patients with temporomandibular disorders. Controlled clinical trial*, *Minerva Stomatol*, Band 49 (11), 2000, S. 541-548.
- 81 P. Delgado de la Serna, G. Plaza-Manzano, J. Cleland, C. Fernandez-de-Las-Penas, P. Martin-Casas und M. J. Diaz-Arribas; *Effects of Cervico-Mandibular Manual Therapy in Patients with Temporomandibular Pain Disorders and Associated Somatic Tinnitus: A Randomized Clinical Trial*, *Pain Med*, Band 21 (3), 2020, S. 613-624.
- 82 P. Nicolakis, B. Erdogmus, A. Kopf, G. Ebenbichler, J. Kollmitzer, E. Piehslinger und V. Fialka-Moser; *Effectiveness of exercise therapy in patients with internal derangement of the temporomandibular joint*, *J Oral Rehabil*, Band 28 (12), 2001, S. 1158-1164.

- 83 R. A. Magesty, M. A. M. da Silva, Casc Simoes, S. G. M. Falci, D. W. Douglas-de-Oliveira, P. F. Goncalves und O. D. Flecha; *Oral health-related quality of life in patients with disc displacement with reduction after counselling treatment versus counselling associated with jaw exercises*, J Oral Rehabil, Band 48, 2021, S. 369-374.
- 84 F. Grondin und T. Hall; *Changes in cervical movement impairment and pain following orofacial treatment in patients with chronic arthralgic temporomandibular disorder with pain: A prospective case series*, Physiother Theory Pract, Band 33 (1), 2017, S. 52-61.
- 85 B. Bas, D. Kazan, N. Kutuk und V. Gurbanov; *The Effect of Exercise on Range of Movement and Pain After Temporomandibular Joint Arthrocentesis*, J Oral Maxillofac Surg, Band 76 (6), 2018, S. 1181-1186.
- 86 M. Matsubara, H. Tohara, K. Hara, H. Shinozaki, Y. Yamazaki, C. Susa, A. Nakane, Y. Wakasugi und S. Minakuchi; *High-speed jaw-opening exercise in training suprahyoid fast-twitch muscle fibers*, Clin Interv Aging, Band 13, 2018, S. 125-131.
- 87 R. Hulse, A. Wenzel, B. Dudek, B. Losert-Bruggner, M. Holzl, M. Hulse und D. Haussler; *Influence of craniocervical and craniomandibular dysfunction to nonrestorative sleep and sleep disorders*, Cranio, 2019, S. 1-7.
- 88 L. B. Calixtre, B. L. Gruninger, M. N. Haik, F. Albuquerque-Sendin und A. B. Oliveira; *Effects of cervical mobilization and exercise on pain, movement and function in subjects with temporomandibular disorders: a single group pre-post test*, J Appl Oral Sci, Band 24 (3), 2016, S. 188-197.
- 89 L. B. Calixtre, A. B. Oliveira, L. R. de Sena Rosa, S. Armijo-Olivo, C. M. Visscher und F. Albuquerque-Sendin; *Effectiveness of mobilisation of the upper cervical region and craniocervical flexor training on orofacial pain, mandibular function and headache in women with TMD. A randomised, controlled trial*, J Oral Rehabil, Band 46 (2), 2019, S. 109-119.
- 90 R. La Touche, C. Fernandez-de-las-Penas, J. Fernandez-Carnero, K. Escalante, S. Angulo-Diaz-Parreno, A. Paris-Aleman und J. A. Cleland; *The effects of manual therapy and exercise directed at the cervical spine on pain and pressure pain sensitivity in patients with myofascial temporomandibular disorders*, J Oral Rehabil, Band 36 (9), 2009, S. 644-652.
- 91 R. Bucci, F. Lobbezoo, A. Michelotti, C. Orfanou und M. Koutris; *Delayed-onset muscle soreness does not influence occlusal sensitivity and position sense of the mandible*, J Oral Rehabil, Band 44 (9), 2017, S. 655-663.

- 92 A. L. de Barros Pascoal, R. F. C. P. de Freitas, L. F. G. da Silva, A. G. R. C. Oliveira und P. Dos Santos Calderon; *Effectiveness of Counseling on Chronic Pain Management in Patients with Temporomandibular Disorders*, J Oral Facial Pain Headache, Band 34 (1), 2020, S. 77-82.
- 93 K. Nagata, S. Hori, R. Mizuhashi, T. Yokoe, Y. Atsumi, W. Nagai und M. Goto; *Efficacy of mandibular manipulation technique for temporomandibular disorders patients with mouth opening limitation: a randomized controlled trial for comparison with improved multimodal therapy*, J Prosthodont Res, Band 63 (2), 2019, S. 202-209.
- 94 T. Takeuchi-Sato, Y. Ono, M. Funato, H. Sato, T. Suganuma und K. Baba; *Efficacy of an email-based recording and reminding system for limiting daytime non-functional tooth contact in patients with temporomandibular disorders: A randomized controlled trial*, J Oral Rehabil, Band 47 (2), 2020, S. 158-163.
- 95 Y. M. Costa, A. L. Porporatti, J. Stuginski-Barbosa, L. R. Bonjardim, J. G. Speciali und P. C. Rodrigues Conti; *Headache Attributed to Masticatory Myofascial Pain: Clinical Features and Management Outcomes*, J Oral Facial Pain Headache, Band 29 (4), 2015, S. 323-330.
- 96 E. Truelove, K. H. Huggins, L. Mancl und S. F. Dworkin; *The efficacy of traditional, low-cost and nonsplint therapies for temporomandibular disorder: a randomized controlled trial*, J Am Dent Assoc, Band 137 (8), 2006, S. 1099-1107.
- 97 T. Renton; *Tooth-Related Pain or Not?*, Headache, Band 60 (1), 2020, S. 235-246.
- 98 M. R. Fussnegger; *Plädoyer für einen Paradigmenwechsel in der Behandlung von Patienten mit orofazialen Schmerzen - ein personenzentrierter, narrativer Ansatz*, DZZ Deutsche Zahnärztliche Zeitung, Band 5, 2016, S. 371-377.
- 99 W. Geurtsen und G. Heydecke; *Plädoyer für einen Paradigmenwechsel bei Patienten mit orofazialen Schmerzen*, DZZ Deutsche Zahnärztliche Zeitung, Band 5, 2016, S. 338.
- 100 C. M. de Felicio, R. L. Freitas und C. Bataglion; *The effects of orofacial myofunctional therapy combined with an occlusal splint on signs and symptoms in a man with TMD-hypermobility: case study*, Int J Orofacial Myology, Band 33, 2007, S. 21-29.
- 101 X. Jiang, S. Fan, B. Cai, Z. Y. Fang, L. L. Xu und L. K. Liu; *Mandibular manipulation technique followed by exercise therapy and occlusal splint for treatment of acute anterior TMJ disk displacement without reduction*, Shanghai Kou Qiang Yi Xue, Band 25 (5), 2016, S. 570-573.

- 102 K. Nagata, H. Maruyama, R. Mizuhashi, S. Morita, S. Hori, T. Yokoe und Y. Sugawara; *Efficacy of stabilisation splint therapy combined with non-splint multimodal therapy for treating RDC/TMD axis I patients: a randomised controlled trial*, J Oral Rehabil, Band 42 (12), 2015, S. 890-899.
- 103 C. M. de Resende, F. G. L. de Oliveira Medeiros, C. R. de Figueiredo Rego, A. S. L. Bispo, G. A. S. Barbosa und E. O. de Almeida; *Short-term effectiveness of conservative therapies in pain, quality of life, and sleep in patients with temporomandibular disorders: A randomized clinical trial*, Cranio, 2019, S. 1-9.
- 104 O. S. Huhtela, N. Koivisto, V. Hagg und K. Sipila; *Effectiveness of applied relaxation method vs splint in treatment of temporomandibular disorders in Finnish students*, J Oral Rehabil, Band 47 (2), 2020, S. 123-131.
- 105 T. Magnusson und M. Syren; *Therapeutic jaw exercises and interocclusal appliance therapy. A comparison between two common treatments of temporomandibular disorders*, Swed Dent J, Band 23 (1), 1999, S. 27-37.
- 106 R. A. Melo, Cmbm de Resende, C. R. F. Rego, A. S. L. Bispo, G. A. S. Barbosa und E. O. de Almeida; *Conservative therapies to treat pain and anxiety associated with temporomandibular disorders: a randomized clinical trial*, Int Dent J, Band 70 (4), 2020, S. 245-253.
- 107 M. Schmitter und M. Leckel; *Therapie funktioneller Beschwerden*, wissen kompakt, Springer Medizin Verlag, Band 2 (2), 2008, S. 33-39.
- 108 D. Dean; *The first medications in my TMD toolbox*, Cranio, Band 38 (1), 2020, S. 1-4.
- 109 M. R. Fussnegger; *Kraniomandibuläre Dysfunktion und orofaziale Schmerzen: pharmakologische Therapie*, DZZ Deutsche Zahnärztliche Zeitung, Band 5, 2016, S. 354-360.
- 110 A. Hugger, H. J. Schindler, J. C. Türp und S. Hugger; *Pharmacological therapy of temporomandibular joint pain*, Z Evid Fortbild Qual Gesundhwes, Band 107, 2013, S. 302-308.
- 111 M. Nadershah, H. M. Abdel-Alim, A. M. Bayoumi, A. M. Jan, A. Elatrouni und F. M. Jadu; *Photobiomodulation Therapy for Myofascial Pain in Temporomandibular Joint Dysfunction: A Double-Blinded Randomized Clinical Trial*, J Maxillofac Oral Surg, Band 19 (1), 2020, S. 93-97.
- 112 A. Madani, F. Ahrari, A. Fallahrastegar und N. Daghestani; *A randomized clinical trial comparing the efficacy of low-level laser therapy (LLLT) and laser acupuncture therapy (LAT) in*

- patients with temporomandibular disorders*, *Lasers Med Sci*, Band 35 (1), 2020, S. 181-192.
- 113 S. Kulekcioglu, K. Sivrioglu, O. Ozcan und M. Parlak; *Effectiveness of low-level laser therapy in temporomandibular disorder*, *Scand J Rheumatol*, Band 32 (2), 2003, S. 114-118.
- 114 C; Fillies Zizelmann, T; *Die Arthroskopie ist überragend*, *zm Zahnärztliche Mitteilungen*, Band 18, 2018, S. 2046-2052.
- 115 I. Coskun Benlidayi, F. Salimov, M. Kurkcu und R. Guzel; *Kinesio Taping for temporomandibular disorders: Single-blind, randomized, controlled trial of effectiveness*, *J Back Musculoskelet Rehabil*, Band 29 (2), 2016, S. 373-380.
- 116 A. Diehl; *Mentale Einflussfaktoren der kraniomandibulären Dysfunktion*, *Sytemische Orale Medizin*, Band 4, 2018, S. 10-14.
- 117 S. Sen, G. Orhan, S. Sertel, M. Schmitter, H. J. Schindler, C. J. Lux und N. N. Giannakopoulos; *Comparison of acupuncture on specific and non-specific points for the treatment of painful temporomandibular disorders: A randomized controlled trial*, *J Oral Rehabil*, Band 47 (7), 2020, S. 783-795.
- 118 A. Candido Dos Reis, T. Theodoro de Oliveira, C. L. Vidal, M. C. Borsatto und M. Lima da Costa Valente; *Effect of Auricular Acupuncture on the Reduction of Symptoms Related to Sleep Disorders, Anxiety and Temporomandibular Disorder (TMD)*, *Altern Ther Health Med*, Band 27, 2021, S. 22-26.
- 119 C. Gold; *Acupuncture for the treatment of TMD, headache, and cervical spine pain*, *Cranio*, Band 39, 2021, S. 369-370.
- 120 B. Imhoff; *Neue Therapieansätze bei kraniomandibulärer Dysfunktion*, *wissen kompakt*, Springer Medizin Verlag, Band 13, 2019, S. 49-58.
- 121 *Snake (Computerspiel)*, [https://de.wikipedia.org/wiki/Snake\\_\(Computerspiel\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Snake_(Computerspiel)), Datum des letzten Zugriffs: 13.04.2022.
- 122 Ø. Hammer, D. A.T. Harper und P. D. Ryan; *PAST: PALEONTOLOGICAL STATISTICS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND DATA ANALYSIS*, [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf), Datum des letzten Zugriffs: 13.04.2022.
- 123 A. Emodi-Perlman, I. Eli, J. Smardz, N. Uziel, G. Wieckiewicz, E. Gilon, N. Grychowska und M. Wieckiewicz; *Temporomandibular Disorders and Bruxism Outbreak as a Possible Factor of Orofacial Pain Worsening during the COVID-19 Pandemic-Concomitant Research in Two Countries*, *J Clin Med*, Band 9 (10), 2020.

- 124 Y. Wu, X. Xiong, X. Fang, W. Sun, Y. Yi, J. Liu und J. Wang; *Psychological status of TMD patients, orthodontic patients and the general population during the COVID-19 pandemic*, Psychol Health Med, Band 26, 2021, S. 62-74.
- 125 L. Steiner, S. Ruge und B. Kordaß; *Untersuchung zur Trainierbarkeit kraniomandibulärer Bewegungsabläufe mittels elektronischer Bewegungsaufzeichnung*, Abstractband der 68 Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e V, 2019, S. 61.
- 126 L. Steiner, S. Ruge und B. Kordaß; *Zur Quantifizierbarkeit von Koordinationstraining der Unterkieferbewegungen*, Journal of Craniomandibular Function 2018 (Supplement), 2018, S. 27.
- 127 K. W. Harwell, W. R. Boot und K. A. Ericsson; *Looking behind the score: Skill structure explains sex differences in skilled video game performance*, PLoS One, Band 13, 2018, S. e0197311.
- 128 S. Armijo-Olivo, L. Pitance, V. Singh, F. Neto, N. Thie und A. Michelotti; *Effectiveness of Manual Therapy and Therapeutic Exercise for Temporomandibular Disorders: Systematic Review and Meta-Analysis*, Phys Ther, Band 96 (1), 2016, S. 9-25.
- 129 L. A. de Melo, A. K. Bezerra de Medeiros, Mftp Campos, C. M. Bastos Machado de Resende, G. A. S. Barbosa und E. O. de Almeida; *Manual Therapy in the Treatment of Myofascial Pain Related to Temporomandibular Disorders: A Systematic Review*, J Oral Facial Pain Headache, Band 34 (2), 2020, S. 141-148.
- 130 M. Eliassen, C. Hjortsjo, H. Olsen-Bergem und T. Bjornland; *Self-exercise programmes and occlusal splints in the treatment of TMD-related myalgia-Evidence-based medicine?*, J Oral Rehabil, Band 46 (11), 2019, S. 1088-1094.
- 131 R. La Touche, S. Martinez Garcia, B. Serrano Garcia, A. Proy Acosta, D. Adraos Juarez, J. J. Fernandez Perez, S. Angulo-Diaz-Parreno, F. Cuenca-Martinez, A. Paris-Aleman und L. Suso-Marti; *Effect of Manual Therapy and Therapeutic Exercise Applied to the Cervical Region on Pain and Pressure Pain Sensitivity in Patients with Temporomandibular Disorders: A Systematic Review and Meta-analysis*, Pain Med, Band 21 (10), 2020, S. 2373-2384.
- 132 M. Wieckiewicz, K. Boening, P. Wiland, Y. Y. Shiau und A. Paradowska-Stolarz; *Reported concepts for the treatment modalities and pain management of temporomandibular disorders*, J Headache Pain, Band 16, 2015, S. 106.
- 133 N. N. Giannakopoulos, C. Roldán-Barraza, B. Imhoff und H. J. Schindler; *Repräsentieren die Ergebnisse aus CMD-Therapiestudien die Realität in den zahnärztlichen Praxen?*, DZZ Deutsche Zahnärztliche Zeitung, Band 5, 2016, S. 367-370.



- 134 S. M. Shaffer, S. H. Stuhr, P. S. Sizer, C. A. Courtney und J. M. Brismee; *The status of temporomandibular and cervical spine education in post-professional physical therapy training programs recognized by Member Organizations of IFOMPT: an investigation of didactic and clinical education*, J Man Manip Ther, Band 26 (2), 2018, S. 102-108.
- 135 A. Shimada, S. Ishigaki, Y. Matsuka, O. Komiyama, T. Torisu, Y. Oono, H. Sato, T. Naganawa, A. Mine, Y. Yamazaki, K. Okura, Y. Sakuma und K. Sasaki; *Effects of exercise therapy on painful temporomandibular disorders*, J Oral Rehabil, Band 46 (5), 2019, S. 475-481.
- 136 S. Funke, S. Ruge und B. Kordaß; *Koordinative Trainingseffekte kraniomandibulärer Bewegungsabläufe mithilfe digitaler Übungsabläufe* Journal of Craniomandibular Function 2021 (Supplement), 2021, S. 2-35.

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Screenshot während des Spiels Snake _____	26
Abb. 2: Screenshot während des Spiels Zwischenstopps _____	27
Abb. 3: Screenshot während des Spiels Zielscheibe _____	28
Abb. 4: Proband mit angebrachtem Messsystem _____	32
Abb. 5: Ansicht des intraoral befestigten Attachments _____	33
Abb. 6: Extraorale Ansicht des Attachments von kaudal _____	33
Abb. 7: Proband während des Übens mit dem Programm Snake _	34
Abb. 8: Screenshot während des Spiels Zwischenstopps _____	35
Abb. 9: Screenshot während des Spiels Kreis, der Cursor befindet sich in der schwarzen Mitte der Zielscheibe, somit ist diese blau	36
Abb. 10: Screenshot während des Spiels Kreis, der Cursor liegt auf der bunten Fläche der Zielscheibe, somit ist diese grün _____	36
Abb. 11: Screenshot während des Spiels Kreis, der Cursor liegt außerhalb der Zielscheibe, somit ist diese rot _____	37
Abb. 12: Absolute Anzahl der Teilnehmenden eines jeweiligen Alters in Jahren _____	40
Abb. 13: Absolute Anzahl der Teilnehmenden der jeweiligen Kauseitenangabe _____	40
Abb. 14: Screenshot nach der Übung Zwischenstopps von Proband*in 24 _____	41
Abb. 15: Screenshot nach einer Übung Zielscheibe in der 1. Geschwindigkeitsstufe (v1) von Proband*in 24; Rot stellt die erste, Grün die zweite Runde dar _____	42
Abb. 16: Screenshot nach einer Übung Zielscheibe in der 4. Geschwindigkeitsstufe (v4) von Proband*in 24; Rot stellt die erste, Grün die zweite Runde dar _____	42
Abb. 17: Boxplots der erreichten Trefferquoten der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [%] _____	49
Abb. 18: Boxplots der erreichten Trefferquoten Mitte der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [%] _____	51

Abb. 19: Boxplots der Differenz von Bewegungspfadlänge und Zielpfadlänge der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [LE]	52
Abb. 20: Boxplots der erreichten Trefferquoten der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach Geschlecht [%]	53
Abb. 21: Boxplots der erreichten Trefferquoten Mitte der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach Geschlecht [%]	55
Abb. 22: Boxplots der erreichten Differenzen von Bewegungspfadlänge und Zielpfadlänge der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach Geschlecht [LE]	57
Abb. 23: Boxplots der erreichten Trefferquoten der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit [%]	59
Abb. 24: Boxplots der Differenz von Bewegungspfadlänge und Zielpfadlänge der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit [LE]	61
Abb. 25: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeit der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [mm/s]	64
Abb. 26: Boxplots der Mittelwerte der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [mm/s <sup>2</sup> ]	65
Abb. 27: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [mm/s <sup>2</sup> ]	66
Abb. 28: Boxplots der Minimalwerte der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [mm/s <sup>2</sup> ]	67

Abb. 29: Boxplots der Maximalwerte der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Cursorbewegung der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) [mm/s <sup>2</sup> ]	68
Abb. 30: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach Geschlecht [mm/s <sup>2</sup> ]	69
Abb. 31: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Geschwindigkeiten der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit [mm/s]	71
Abb. 32: Boxplots der Standardabweichungen der tatsächlich erreichten Beschleunigungen der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) eingeteilt nach CMD-Wahrscheinlichkeit [mm/s <sup>2</sup> ]	73
Abb. 33: Boxplots zur Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“	75
Abb. 34: Boxplots zur Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“	76
Abb. 35: Boxplots zur Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“	77
Abb. 36: Boxplots zur Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ nach Geschlecht	78
Abb. 37: Boxplots zur Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ nach Geschlecht	79
Abb. 38: Boxplots zur Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ nach Geschlecht	81
Abb. 39: Boxplots zur Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ nach CMD-Wahrscheinlichkeit	83
Abb. 40: Boxplots zur Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ nach CMD-Wahrscheinlichkeit	84
Abb. 41: Boxplots zur Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ nach CMD-Wahrscheinlichkeit	86
Abb. 42: Absolute Anzahl gewählter Lieblingsgeschwindigkeiten (v) je Termin (T)	88

Abb. 43: Absolute Anzahl gewählter Lieblingsgeschwindigkeiten (v) je Termin (T) aller Proband*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit	89
Abb. 44: Absolute Anzahl gewählter Lieblingsgeschwindigkeiten (v) je Termin (T) aller Proband*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit	89
Abb. 45: Absolute Anzahl von Übereinstimmungen von bewusst ausgewählter Lieblingsgeschwindigkeit je Termin mit unbewusst ausgeführter Cursorgeschwindigkeit	90
Abb. 46: Absolute Anzahl der Unterschiede von bewusst ausgewählter Lieblingsgeschwindigkeit je Termin mit unbewusst ausgeführter Cursorgeschwindigkeit	91
Abb. 47: Boxplots der Kalibrierungsweiten der Öffnungsbewegung [mm] aller Teilnehmenden je Termin (T)	95

# 11 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Kaumuskeln und ihre Funktion _____	8
Tab. 2: Messergebnisse mit dem Programm Snake von Proband*in 24 an drei Terminen; die beste Runde am jeweiligen Termin wurde farblich hinterlegt _____	43
Tab. 3: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt (T1 – T3) _____	45
Tab. 4: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Probanden _____	45
Tab. 5: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Probandinnen _____	46
Tab. 6: p-Werte des Mann-Whitney-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt eingeteilt nach Geschlecht der Proband*innen _____	46
Tab. 7: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Proband*innen ohne CMD- Wahrscheinlichkeit _____	46
Tab. 8: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt der Proband*innen mit CMD- Wahrscheinlichkeit _____	47
Tab. 9: p-Werte des Mann-Whitney-Vergleiches der besten Schlangenlängen je Zeitpunkt eingeteilt nach CMD- Wahrscheinlichkeit der Proband*innen _____	47
Tab. 10: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der Termine (T) je Geschwindigkeitsstufe (v) _____	49
Tab. 11: p-Werte des Wilcoxon-Vergleiches der Geschwindigkeitsstufen (v) je Zeitpunkt (T) _____	50
Tab. 12: Daten der Übung Zwischenstopps über drei Zeitpunkte (T) von Proband*in 24 _____	141
Tab. 13: Daten der Übung Zielscheibe über drei Zeitpunkte (T) mit je vier Geschwindigkeitsstufen (v) von Proband*in 24 _____	142

Tab. 14: Daten der Antworten auf die Zwischen- und Abschlussfragen der Übung Zielscheibe über drei Zeitpunkte (T) mit je vier Geschwindigkeitsstufen (v) von Proband*in 24; Feedbackebene 1 und 2 _____	143
Tab. 15: Systematik der kommenden Tabellen für paarweise Wilcoxon-Vergleiche _____	145
Tab. 16: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ _____	146
Tab. 17: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote Mitte [%]“ _____	147
Tab. 18: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge – Zielpfadlänge [LE]“ _____	148
Tab. 19: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Geschwindigkeit der Cursorbewegung [mm/s]“ _____	149
Tab. 20: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Mittelwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ _____	150
Tab. 21: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ _____	151
Tab. 22: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Minimalwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ _____	152
Tab. 23: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Maximalwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ _____	153
Tab. 24: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der männlichen Probanden _____	154
Tab. 25: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der weiblichen Probandinnen _____	155

Tab. 26: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der männlichen und weiblichen Proband*innen_____	156
Tab. 27: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote Mitte [%]“ der männlichen Probanden _____	157
Tab. 28: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote Mitte [%]“ der weiblichen Probandinnen_____	158
Tab. 29: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote Mitte [%]“ der männlichen und weiblichen Proband*innen_____	159
Tab. 30: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge - Zielpfadlänge [LE]“ der männlichen Probanden _____	160
Tab. 31: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge - Zielpfadlänge [LE]“ der weiblichen Probandinnen _____	161
Tab. 32: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge - Zielpfadlänge [LE]“ der männlichen und weiblichen Proband*innen _____	162
Tab. 33: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ der männlichen Probanden _____	163
Tab. 34: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ der weiblichen Probandinnen _____	164
Tab. 35: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ der männlichen und weiblichen Proband*innen_____	165



Tab. 36: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der Proband*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit _____	166
Tab. 37: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der Proband*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit _____	167
Tab. 38: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der Proband*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit _____	168
Tab. 39: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge - Zielpfadlänge [LE]“ der Proband*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit _____	169
Tab. 40: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge – Zielpfadlänge [LE]“ der Proband*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit _____	170
Tab. 41: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge – Zielpfadlänge [LE]“ der Proband*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit _____	171
Tab. 42: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Geschwindigkeiten der Cursorbewegung [mm/s]“ der Proband*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit _____	172
Tab. 43: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Geschwindigkeiten der Cursorbewegung [mm/s]“ der Proband*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit _____	173
Tab. 44: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Geschwindigkeiten der Cursorbewegung [mm/s]“ der Proband*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit _____	174
Tab. 45: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der	

Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ der Proband*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit _____	175
Tab. 46: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ der Proband*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit _____	176
Tab. 47: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s <sup>2</sup> ]“ der Proband*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit _____	177
Tab. 48: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten aller Proband*innen auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ _____	178
Tab. 49: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten aller Proband*innen auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ _____	179
Tab. 50: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten aller Proband*innen auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ _____	180
Tab. 51: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der männlichen Probanden auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ _____	181
Tab. 52: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der weiblichen Probandinnen auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ _____	182
Tab. 53: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der männlichen und weiblichen Proband*innen auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ _____	183
Tab. 54: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der männlichen Probanden auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ _____	184

- Tab. 55: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der weiblichen Probandinnen auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ \_\_\_\_\_ 185
- Tab. 56: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der männlichen und weiblichen Proband\*innen auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ 186
- Tab. 57: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der männlichen Probanden auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ \_\_\_\_\_ 187
- Tab. 58: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der weiblichen Probandinnen auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ \_\_\_\_\_ 188
- Tab. 59: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der männlichen und weiblichen Proband\*innen auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ \_\_\_\_\_ 189
- Tab. 60: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ \_ 190
- Tab. 61: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ \_ 191
- Tab. 62: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“ \_\_\_\_\_ 192
- Tab. 63: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ \_\_\_ 193
- Tab. 64: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ \_\_\_ 194

- Tab. 65: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“ \_\_\_\_\_ 195
- Tab. 66: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ \_\_\_\_\_ 196
- Tab. 67: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ \_\_\_\_\_ 197
- Tab. 68: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“ \_\_\_\_\_ 198

## 12 Anhang

### 12.1 Tabellen zum Beispielfall P24

Tab. 12: Daten der Übung Zwischenstopps über drei Zeitpunkte (T) von Proband\*in 24

Zeitpunkt	Reihenfolge und Richtung	Zwischenstopp Geschwindigkeitsstufe
T1	1 UZS	2
T1	2 GUZS	3
T2	1 GUZS	2
T2	2 UZS	2
T3	1 UZS	2
T3	2 GUZS	2

Tab. 13: Daten der Übung Zielscheibe über drei Zeitpunkte (T) mit je vier Geschwindigkeitsstufen (v) von Proband\*in 24

Zeitpunkt – Geschwindigkeit	Spielrichtung	Trefferquote [%]	Trefferquote Mitte [%]	Zielpfadlänge ZP [LE]	Bewegungspfad- länge BP [LE]	MW Geschwindigkeit [mm/s]	SAW Geschwindigkeit [mm/s]	MW Beschleunigung [mm/s <sup>2</sup> ]	SAW Beschleunigung [mm/s <sup>2</sup> ]	Minimale Beschleunigung [mm/s <sup>2</sup> ]	Maximale Beschleunigung [mm/s <sup>2</sup> ]	BP-ZP [LE]
T1 - v1	GUZS	0,94	0,35	4055,68	7035,81	2,42	3,26	-0,16	145,68	-1259,56	1653,07	2980,12
T1 - v2	GUZS	0,94	0,36	3922,03	5666,57	2,99	3,63	0,67	179,12	-1504,74	1957,31	1744,54
T1 - v3	GUZS	0,89	0,23	3835,78	5253,06	3,98	4,71	2,30	222,24	-2808,20	2304,01	1417,27
T1 - v4	GUZS	0,77	0,13	3781,41	4702,05	8,09	7,94	2,02	384,61	-1868,26	2545,49	920,64
T2 - v1	GUZS	0,99	0,50	4055,68	5413,51	3,65	4,31	0,35	197,69	-1767,15	1661,12	1357,83
T2 - v2	GUZS	0,95	0,25	3922,03	5262,71	4,47	4,84	0,58	211,96	-1600,94	1601,18	1340,68
T2 - v3	GUZS	0,97	0,23	3835,78	4860,31	6,55	6,57	0,40	366,22	-3539,02	3774,14	1024,53
T2 - v4	GUZS	0,86	0,12	3781,41	4423,77	12,21	9,39	-9,01	531,87	-3149,48	2780,62	642,35
T3 - v1	GUZS	1,00	0,45	4055,68	5103,76	2,20	2,65	-0,76	128,74	-1354,65	1056,57	1048,08
T3 - v2	GUZS	0,93	0,36	3922,03	5059,76	2,79	3,37	0,38	172,55	-1635,36	1979,07	1137,73
T3 - v3	GUZS	0,96	0,17	3835,78	4587,00	3,96	4,25	-0,80	214,99	-1559,41	1453,04	751,22
T3 - v4	GUZS	0,87	0,14	3781,41	4137,67	7,38	6,69	-2,70	375,94	-3256,95	3826,55	356,26

Tab. 14: Daten der Antworten auf die Zwischen- und Abschlussfragen der Übung Zielscheibe über drei Zeitpunkte (T) mit je vier Geschwindigkeitsstufen (v) von Proband\*in 24; Feedbackebene 1 und 2

Zeitpunkt - Geschwindigkeit	Wie angenehm?	Wie schwierig?	Wie ermüdet?	Lieblings- geschwindigkeit heute?
T1 - v1	8	6	2	
T1 - v2	8	7	3	
T1 - v3	7	7	3	1LG
T1 - v4	8	8	3	
T2 - v1	8	2	0	2LG
T2 - v2	8	3	0	
T2 - v3	7	3	0	
T2 - v4	7	4	0	
T3 - v1	6	2	1	3LG
T3 - v2	6	4	2	
T3 - v3	6	4	2	
T3 - v4	5	5	3	

## 12.2 Tabellen zur Übung Zielscheibe

Die folgenden Tabellen enthalten die p-Werte der statistischen Tests für die Übung Zielscheibe.

Die Systematik der Tabellen für die angewendeten Wilcoxon-Vergleiche wurde in Tab. 15 beispielhaft aufgeschlüsselt (s. S. 145). Um die Lesbarkeit zu verbessern, wurde mit verschiedenen Farben und Schraffierungen gearbeitet.

Die Tabellen für durchgeführte Mann-Whitney-U-Tests, d.h. der Vergleich von Untergruppen des Probandenkollektivs, finden sich thematisch nach den entsprechenden Tabellen für die Auswertungen einzelner Untergruppen.

Alle signifikanten p-Werte (p-Wert  $<0,05$ ) sind grün und kursiv geschrieben.



Tab. 15 zeigt die Systematik der kommenden Tabellen für die paarweisen Wilcoxon-Vergleiche.

Dabei wurden die Vergleiche verschiedener Zeitpunkte je derselben Geschwindigkeitsstufe wie in Tab. 10, S. 49 farblich hinterlegt (blau  $\hat{=}$  v1, gelb  $\hat{=}$  v2, grün  $\hat{=}$  v3, rot  $\hat{=}$  v4); die Vergleiche der verschiedenen Geschwindigkeitsstufen pro Termin wurden durch Umrandung und graue Schattierung (grau hinterlegte 4x4-Kästen) hervorgehoben (vgl. Tab. 11, S. 50).

Tab. 15: Systematik der kommenden Tabellen für paarweise Wilcoxon-Vergleiche

	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4		
T1+v1		<i>T1</i>												
T1+v2														
T1+v3														
T1+v4														
T2+v1	T1 zu T2, v1				<i>T2</i>									
T2+v2		T1 zu T2, v2												
T2+v3			T1 zu T2, v3											
T2+v4				T1 zu T2, v4										
T3+v1	T1 zu T3, v1				T2 zu T3, v1				<i>T3</i>					
T3+v2		T1 zu T3, v2				T2 zu T3, v2								
T3+v3			T1 zu T3, v3				T2 zu T3, v3							
T3+v4				T1 zu T3, v4				T2 zu T3, v4						

Tab. 16: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“

	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4
T1+v1		0,1047	0,0062	0,0001	0,0020	0,0007	0,0192	0,0002	<0,0001	0,0003	0,0177	0,0283
T1+v2	0,1047		0,1776	<0,0001	0,0003	0,0008	0,0058	0,0005	<0,0001	0,0004	0,0029	0,0824
T1+v3	0,0062	0,1776		0,0002	0,0001	0,0001	0,0005	0,0016	<0,0001	0,0002	0,0016	0,2933
T1+v4	0,0001	<0,0001	0,0002		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0653	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0016
T2+v1	0,0020	0,0003	0,0001	<0,0001		0,4625	0,0529	<0,0001	0,0034	0,0785	0,5153	<0,0001
T2+v2	0,0007	0,0008	0,0001	<0,0001	0,4625		0,1208	<0,0001	0,0012	0,0358	0,4645	0,0001
T2+v3	0,0192	0,0058	0,0005	<0,0001	0,0529	0,1208		<0,0001	0,0003	0,0185	0,3685	0,0002
T2+v4	0,0002	0,0005	0,0016	0,0653	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0996
T3+v1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0034	0,0012	0,0003	<0,0001		0,0649	<0,0001	<0,0001
T3+v2	0,0003	0,0004	0,0002	<0,0001	0,0785	0,0358	0,0185	<0,0001	0,0649		0,0457	<0,0001
T3+v3	0,0177	0,0029	0,0016	<0,0001	0,5153	0,4645	0,3685	<0,0001	<0,0001	0,0457		<0,0001
T3+v4	0,0283	0,0824	0,2933	0,0016	<0,0001	0,0001	0,0002	0,0996	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tab. 17: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote Mitte [%]“

	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4
T1+v1		0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,6732	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3845	0,0006	<0,0001
T1+v2	0,0002		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0024	0,0125	<0,0001	<0,0001	0,0145	0,0602	<0,0001
T1+v3	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0004	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0057	0,0010
T1+v4	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6582	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0640
T2+v1	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0066	0,0151	<0,0001	<0,0001
T2+v2	0,6732	0,0024	<0,0001	<0,0001	0,0002		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6592	0,0001	<0,0001
T2+v3	0,0001	0,0125	0,0004	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6582	<0,0001
T2+v4	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6582	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0341
T3+v1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0066	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001
T3+v2	0,3845	0,0145	<0,0001	<0,0001	0,0151	0,6592	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001
T3+v3	0,0006	0,0602	0,0057	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,6582	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001
T3+v4	<0,0001	<0,0001	0,0010	0,0640	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0341	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tab. 18: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge – Zielpfadlänge [LE]“

	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4
T1+v1		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T1+v2	<0,0001		<0,0001	<0,0001	0,0204	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T1+v3	<0,0001	<0,0001		<0,0001	0,0888	0,1608	<0,0001	<0,0001	0,2388	0,0042	<0,0001	<0,0001
T1+v4	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	0,0008	0,3217	<0,0001	0,0004	0,0063	0,8517	<0,0001
T2+v1	<0,0001	0,0204	0,0888	<0,0001		0,0005	<0,0001	<0,0001	0,0016	0,0002	<0,0001	<0,0001
T2+v2	<0,0001	<0,0001	0,1608	0,0008	0,0005		<0,0001	<0,0001	0,8079	0,0237	<0,0001	<0,0001
T2+v3	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3217	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	0,0007	0,0541	<0,0001
T2+v4	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0315
T3+v1	<0,0001	<0,0001	0,2388	0,0004	0,0016	0,8079	<0,0001	<0,0001		0,0011	<0,0001	<0,0001
T3+v2	<0,0001	<0,0001	0,0042	0,0063	0,0002	0,0237	0,0007	<0,0001	0,0011		<0,0001	<0,0001
T3+v3	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,8517	<0,0001	<0,0001	0,0541	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001
T3+v4	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0315	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tab. 19: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Geschwindigkeit der Cursorbewegung [mm/s]“

	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4
T1+v1		0,3595	0,7506	0,1346	0,0338	0,0999	0,3795	0,1970	0,0110	0,2242	0,6268	0,0726
T1+v2	0,3595		0,4447	0,1664	0,0176	0,2682	0,6664	0,1608	0,0155	0,2103	0,7084	0,0209
T1+v3	0,7506	0,4447		0,6603	0,0018	0,1207	0,2098	0,2699	0,0093	0,0888	0,6035	0,1207
T1+v4	0,1346	0,1664	0,6603		0,0379	0,0961	0,0961	0,8517	0,0757	0,1447	0,3846	0,0788
T2+v1	0,0338	0,0176	0,0018	0,0379		0,3403	0,1038	0,0371	0,5052	0,3948	0,0757	0,0151
T2+v2	0,0999	0,2682	0,1207	0,0961	0,3403		0,4832	0,0454	0,3595	0,4214	0,2314	0,0274
T2+v3	0,3795	0,6664	0,2098	0,0961	0,1038	0,4832		0,0961	0,0354	0,3217	0,8959	0,0122
T2+v4	0,1970	0,1608	0,2699	0,8517	0,0371	0,0454	0,0961		0,0346	0,0518	0,1322	0,4322
T3+v1	0,0110	0,0155	0,0093	0,0757	0,5052	0,3595	0,0354	0,0346		0,0338	0,0027	0,0099
T3+v2	0,2242	0,2103	0,0888	0,1447	0,3948	0,4214	0,3217	0,0518	0,0338		0,2823	0,0116
T3+v3	0,6268	0,7084	0,6035	0,3846	0,0757	0,2314	0,8959	0,1322	0,0027	0,2823		0,0641
T3+v4	0,0726	0,0209	0,1207	0,0788	0,0151	0,0274	0,0122	0,4322	0,0099	0,0116	0,0641	

Tab. 20: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Mittelwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“

	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4
T1+v1		0,3595	0,7506	0,1346	0,0338	0,0999	0,3795	0,1970	0,0110	0,2242	0,6268	0,0726
T1+v2	0,3595		0,4447	0,1664	0,0176	0,2682	0,6664	0,1608	0,0155	0,2103	0,7084	0,0209
T1+v3	0,7506	0,4447		0,6603	0,0018	0,1207	0,2098	0,2699	0,0093	0,0888	0,6035	0,1207
T1+v4	0,1346	0,1664	0,6603		0,0379	0,0961	0,0961	0,8517	0,0757	0,1447	0,3846	0,0788
T2+v1	0,0338	0,0176	0,0018	0,0379		0,3403	0,1038	0,0371	0,5052	0,3948	0,0757	0,0151
T2+v2	0,0999	0,2682	0,1207	0,0961	0,3403		0,4832	0,0454	0,3595	0,4214	0,2314	0,0274
T2+v3	0,3795	0,6664	0,2098	0,0961	0,1038	0,4832		0,0961	0,0354	0,3217	0,8959	0,0122
T2+v4	0,1970	0,1608	0,2699	0,8517	0,0371	0,0454	0,0961		0,0346	0,0518	0,1322	0,4322
T3+v1	0,0110	0,0155	0,0093	0,0757	0,5052	0,3595	0,0354	0,0346		0,0338	0,0027	0,0099
T3+v2	0,2242	0,2103	0,0888	0,1447	0,3948	0,4214	0,3217	0,0518	0,0338		0,2823	0,0116
T3+v3	0,6268	0,7084	0,6035	0,3846	0,0757	0,2314	0,8959	0,1322	0,0027	0,2823		0,0641
T3+v4	0,0726	0,0209	0,1207	0,0788	0,0151	0,0274	0,0122	0,4322	0,0099	0,0116	0,0641	

Tab. 21: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“

	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4
T1+v1		0,3126	0,0007	<0,0001	0,0136	0,4001	0,2314	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,9107	0,0015
T1+v2	0,3126		0,0063	<0,0001	0,0009	0,1396	0,4214	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3403	0,0015
T1+v3	0,0007	0,0063		<0,0001	0,0001	0,0018	0,1207	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0104
T1+v4	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,7791	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
T2+v1	0,0136	0,0009	0,0001	<0,0001		0,0014	0,0002	<0,0001	0,0002	0,0669	0,0999	<0,0001
T2+v2	0,4001	0,1396	0,0018	<0,0001	0,0014		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0011	0,2388	0,0001
T2+v3	0,2314	0,4214	0,1207	<0,0001	0,0002	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0151	0,0001
T2+v4	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,7791	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0019
T3+v1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001
T3+v2	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0669	0,0011	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001
T3+v3	0,9107	0,3403	0,0002	<0,0001	0,0999	0,2388	0,0151	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001
T3+v4	0,0015	0,0015	0,0104	0,0001	<0,0001	0,0001	0,0001	0,0019	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tab. 22: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Minimalwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“

	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4
T1+v1		0,2314	0,7364	0,8370	0,2699	0,1078	0,0346	0,1906	0,0003	0,0028	0,0261	0,0820
T1+v2	0,2314		0,3694	0,4890	0,0924	0,0415	0,0012	0,4658	<0,0001	0,0002	0,0042	0,0060
T1+v3	0,7364	0,3694		0,2540	0,1722	0,0669	0,0025	0,1396	0,0001	0,0029	0,0031	0,2035
T1+v4	0,8370	0,4890	0,2540		0,0669	0,0518	0,0007	0,2314	<0,0001	0,0002	0,0001	0,0029
T2+v1	0,2699	0,0924	0,1722	0,0669		0,7084	0,1299	0,0415	0,0005	0,0194	0,0854	0,7791
T2+v2	0,1078	0,0415	0,0669	0,0518	0,7084		0,7084	0,0038	0,0060	0,0301	0,7506	0,7364
T2+v3	0,0346	0,0012	0,0025	0,0007	0,1299	0,7084		<0,0001	0,0004	0,0379	0,8370	0,3795
T2+v4	0,1906	0,4658	0,1396	0,2314	0,0415	0,0038	<0,0001		<0,0001	<0,0001	0,0003	0,0001
T3+v1	0,0003	<0,0001	0,0001	<0,0001	0,0005	0,0060	0,0004	<0,0001		0,4433	0,0084	0,0006
T3+v2	0,0028	0,0002	0,0029	0,0002	0,0194	0,0301	0,0379	<0,0001	0,4433		0,2314	0,0434
T3+v3	0,0261	0,0042	0,0031	0,0001	0,0854	0,7506	0,8370	0,0003	0,0084	0,2314		0,2540
T3+v4	0,0820	0,0060	0,2035	0,0029	0,7791	0,7364	0,3795	0,0001	0,0006	0,0434	0,2540	



Tab. 23: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Maximalwerte der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“

	T1+v1	T1+v2	T1+v3	T1+v4	T2+v1	T2+v2	T2+v3	T2+v4	T3+v1	T3+v2	T3+v3	T3+v4
T1+v1		0,8664	0,7084	0,6946	0,1447	0,0434	0,0093	0,8370	0,0001	0,0031	0,0022	0,0346
T1+v2	0,8664		0,5621	0,9404	0,2314	0,0518	0,0122	0,8517	0,0002	0,0011	0,0029	0,0204
T1+v3	0,7084	0,5621		0,2035	0,2463	0,0379	0,0274	0,9404	0,0001	0,0038	0,0033	0,0854
T1+v4	0,6946	0,9404	0,2035		0,1078	0,0362	0,0079	0,3595	<0,0001	0,0004	<0,0001	0,0012
T2+v1	0,1447	0,2314	0,2463	0,1078		0,1553	0,4001	0,1970	0,0007	0,0215	0,1447	0,9851
T2+v2	0,0434	0,0518	0,0379	0,0362	0,1553		0,5128	0,0088	0,0261	0,2699	0,6671	0,6808
T2+v3	0,0093	0,0122	0,0274	0,0079	0,4001	0,5128		0,0040	0,0018	0,1252	0,3694	0,7935
T2+v4	0,8370	0,8517	0,9404	0,3595	0,1970	0,0088	0,0040		<0,0001	0,0020	0,0035	0,0237
T3+v1	0,0001	0,0002	0,0001	<0,0001	0,0007	0,0261	0,0018	<0,0001		0,1078	0,0067	0,0003
T3+v2	0,0031	0,0011	0,0038	0,0004	0,0215	0,2699	0,1252	0,0020	0,1078		0,4890	0,1970
T3+v3	0,0022	0,0029	0,0033	<0,0001	0,1447	0,6671	0,3694	0,0035	0,0067	0,4890		0,1396
T3+v4	0,0346	0,0204	0,0854	0,0012	0,9851	0,6808	0,7935	0,0237	0,0003	0,1970	0,1396	

Tab. 24: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der männlichen Probanden

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / m		0,8401	0,1969	0,0068	0,0039	0,0001	0,0080	0,0279	0,0005	0,0008	0,0058	0,1770
T1+v2 / m	0,8401		0,5508	0,0011	0,0053	0,0035	0,0973	0,0097	0,0048	0,0101	0,0096	0,0684
T1+v3 / m	0,1969	0,5508		0,0054	0,0081	0,0001	0,0037	0,0463	0,0001	0,0009	0,0074	0,3404
T1+v4 / m	0,0068	0,0011	0,0054		0,0005	<0,0001	<0,0001	0,1858	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0072
T2+v1 / m	0,0039	0,0053	0,0081	0,0005		0,8302	0,2928	0,0002	0,0784	0,3298	0,5807	0,0002
T2+v2 / m	0,0001	0,0035	0,0001	<0,0001	0,8302		0,1707	0,0003	0,0907	0,2269	0,6744	0,0001
T2+v3 / m	0,0080	0,0973	0,0037	<0,0001	0,2928	0,1707		0,0004	0,0149	0,1569	0,5447	0,0096
T2+v4 / m	0,0279	0,0097	0,0463	0,1858	0,0002	0,0003	0,0004		0,0002	0,0002	0,0004	0,3376
T3+v1 / m	0,0005	0,0048	0,0001	<0,0001	0,0784	0,0907	0,0149	0,0002		0,2761	0,0272	0,0001
T3+v2 / m	0,0008	0,0101	0,0009	<0,0001	0,3298	0,2269	0,1569	0,0002	0,2761		0,1840	<0,0001
T3+v3 / m	0,0058	0,0096	0,0074	0,0001	0,5807	0,6744	0,5447	0,0004	0,0272	0,1840		0,0009
T3+v4 / m	0,1770	0,0684	0,3404	0,0072	0,0002	0,0001	0,0096	0,3376	0,0001	<0,0001	0,0009	

Tab. 25: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der weiblichen Probandinnen

	T1+v1 / w	T1+v2 / w	T1+v3 / w	T1+v4 / w	T2+v1 / w	T2+v2 / w	T2+v3 / w	T2+v4 / w	T3+v1 / w	T3+v2 / w	T3+v3 / w	T3+v4 / w
T1+v1 / w		0,0198	0,0213	0,0002	0,1242	0,0862	0,3390	0,0004	0,0004	0,0184	0,2974	0,0338
T1+v2 / w	0,0198		0,1969	0,0001	0,0089	0,0325	0,0582	0,0007	0,0007	0,0071	0,0314	0,3025
T1+v3 / w	0,0213	0,1969		0,0004	0,0007	0,0101	0,0117	0,0074	0,0002	0,0013	0,0041	0,8682
T1+v4 / w	0,0002	0,0001	0,0004		0,0001	0,0020	0,0001	0,0389	0,0001	0,0001	0,0002	0,0033
T2+v1 / w	0,1242	0,0089	0,0007	0,0001		0,1298	0,0771	0,0001	0,0678	0,1922	0,7171	0,0011
T2+v2 / w	0,0862	0,0325	0,0101	0,0020	0,1298		0,2357	0,0031	0,0120	0,1069	0,6410	0,0103
T2+v3 / w	0,3390	0,0582	0,0117	0,0001	0,0771	0,2357		0,0001	0,0041	0,0200	0,3568	0,0002
T2+v4 / w	0,0004	0,0007	0,0074	0,0389	0,0001	0,0031	0,0001		0,0002	0,0003	0,0004	0,0473
T3+v1 / w	0,0004	0,0007	0,0002	0,0001	0,0678	0,0120	0,0041	0,0002		0,2917	0,0024	0,0002
T3+v2 / w	0,0184	0,0071	0,0013	0,0001	0,1922	0,1069	0,0200	0,0003	0,2917		0,0813	0,0001
T3+v3 / w	0,2974	0,0314	0,0041	0,0002	0,7171	0,6410	0,3568	0,0004	0,0024	0,0813		0,0002
T3+v4 / w	0,0338	0,3025	0,8682	0,0033	0,0011	0,0103	0,0002	0,0473	0,0002	0,0001	0,0002	

Tab. 26: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der männlichen und weiblichen Proband\*innen

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,4825</b>	0,3427	0,5195	0,1079	0,0168	0,0109	0,0363	0,7049	0,0008	0,0031	0,0244	1,0000
T1+v2 / w	0,2469	<b>0,1656</b>	0,3055	0,2889	0,0082	0,0039	0,0203	0,9698	0,0004	0,0016	0,0105	0,7050
T1+v3 / w	0,1154	0,0951	<b>0,1156</b>	0,4382	0,0016	0,0011	0,0050	0,6771	0,0001	0,0003	0,0014	0,3437
T1+v4 / w	0,0010	0,0007	0,0013	<b>0,1355</b>	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0211	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0054
T2+v1 / w	0,2949	0,6451	0,4344	0,0089	<b>0,4337</b>	0,3476	0,7572	0,1467	0,1279	0,2062	0,4965	0,1069
T2+v2 / w	0,7899	0,9544	0,8049	0,0188	0,1421	<b>0,1005</b>	0,2750	0,2874	0,0167	0,0494	0,2046	0,3154
T2+v3 / w	0,9242	0,8190	0,9697	0,0635	0,1368	0,0693	<b>0,2347</b>	0,4589	0,0184	0,0296	0,1496	0,3838
T2+v4 / w	0,0071	0,0033	0,0060	0,4496	0,0001	<0,0001	0,0003	<b>0,0854</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0375
T3+v1 / w	0,0454	0,1857	0,0667	0,0002	0,6396	0,8455	0,9232	0,0112	<b>0,2006</b>	0,5426	0,9381	0,0052
T3+v2 / w	0,2233	0,4440	0,2953	0,0011	0,3924	0,4030	0,6445	0,0521	0,0712	<b>0,2030</b>	0,5752	0,0579
T3+v3 / w	0,9090	0,8791	0,9395	0,0220	0,0836	0,0545	0,1810	0,3147	0,0067	0,0195	<b>0,1081</b>	0,3937
T3+v4 / w	0,0422	0,0230	0,0604	0,8353	0,0004	0,0001	0,0013	0,4270	<0,0001	0,0001	0,0005	<b>0,2560</b>

Tab. 27: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote Mitte [%]“ der männlichen Probanden

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / m		0,0179	0,0002	<0,0001	0,0036	0,6404	0,0054	<0,0001	0,0020	0,7554	0,0021	0,0001
T1+v2 / m	0,0179		0,0003	<0,0001	0,0002	0,0036	0,0209	<0,0001	0,0001	0,5939	0,0193	0,0001
T1+v3 / m	0,0002	0,0003		0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0032	0,0001	<0,0001	0,0001	0,6598	0,0054
T1+v4 / m	<0,0001	<0,0001	0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,9904	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1292
T2+v1 / m	0,0036	0,0002	<0,0001	<0,0001		0,0058	<0,0001	<0,0001	0,1061	0,0066	<0,0001	<0,0001
T2+v2 / m	0,6404	0,0036	<0,0001	<0,0001	0,0058		<0,0001	<0,0001	0,0004	0,1936	0,0001	<0,0001
T2+v3 / m	0,0054	0,0209	0,0032	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	0,0017	0,1968	0,0004
T2+v4 / m	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,9904	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0911
T3+v1 / m	0,0020	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1061	0,0004	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001
T3+v2 / m	0,7554	0,5939	0,0001	<0,0001	0,0066	0,1936	0,0017	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001
T3+v3 / m	0,0021	0,0193	0,6598	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,1968	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0004
T3+v4 / m	0,0001	0,0001	0,0054	0,1292	<0,0001	<0,0001	0,0004	0,0911	<0,0001	<0,0001	0,0004	

Tab. 28: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote Mitte [%]“ der weiblichen Probandinnen

	T1+v1 / w	T1+v2 / w	T1+v3 / w	T1+v4 / w	T2+v1 / w	T2+v2 / w	T2+v3 / w	T2+v4 / w	T3+v1 / w	T3+v2 / w	T3+v3 / w	T3+v4 / w
T1+v1 / w		0,0014	0,0001	0,0001	0,0082	0,7506	0,0004	0,0001	0,0008	0,0466	0,1471	0,0002
T1+v2 / w	0,0014		0,0001	0,0001	0,0002	0,0652	0,0943	0,0003	0,0003	0,0038	0,9878	0,0008
T1+v3 / w	0,0001	0,0001		0,0012	0,0002	0,0003	0,0157	0,0142	0,0002	0,0001	0,0054	0,0397
T1+v4 / w	0,0001	0,0001	0,0012		0,0001	0,0002	0,0001	0,2736	0,0001	0,0001	0,0001	0,0484
T2+v1 / w	0,0082	0,0002	0,0002	0,0001		0,0011	0,0001	0,0001	0,1170	0,4975	0,0013	0,0001
T2+v2 / w	0,7506	0,0652	0,0003	0,0002	0,0011		0,0007	0,0002	0,0007	0,0444	0,1247	0,0002
T2+v3 / w	0,0004	0,0943	0,0157	0,0001	0,0001	0,0007		0,0005	0,0001	0,0003	0,0944	0,0003
T2+v4 / w	0,0001	0,0003	0,0142	0,2736	0,0001	0,0002	0,0005		0,0001	0,0001	0,0002	0,2110
T3+v1 / w	0,0008	0,0003	0,0002	0,0001	0,1170	0,0007	0,0001	0,0001		0,0110	0,0001	0,0001
T3+v2 / w	0,0466	0,0038	0,0001	0,0001	0,4975	0,0444	0,0003	0,0001	0,0110		0,0003	0,0001
T3+v3 / w	0,1471	0,9878	0,0054	0,0001	0,0013	0,1247	0,0944	0,0002	0,0001	0,0003		0,0001
T3+v4 / w	0,0002	0,0008	0,0397	0,0484	0,0001	0,0002	0,0003	0,2110	0,0001	0,0001	0,0001	

Tab. 29: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote Mitte [%]“ der männlichen und weiblichen Proband\*innen

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,1621</b>	0,3951	0,2119	0,0002	0,0096	0,0563	0,8059	0,0002	0,0010	0,1796	0,5708	0,0008
T1+v2 / w	0,0360	<b>0,1511</b>	0,9698	0,0021	0,0030	0,0156	0,4728	0,0043	0,0003	0,0311	0,7054	0,0200
T1+v3 / w	0,0008	0,0039	<b>0,0788</b>	0,1797	0,0001	0,0003	0,0164	0,2898	<0,0001	0,0005	0,0297	0,7333
T1+v4 / w	<0,0001	<0,0001	0,0001	<b>0,0818</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1794	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0011
T2+v1 / w	0,6639	0,6368	0,0563	0,0001	<b>0,1991</b>	0,7481	0,1454	0,0002	0,0495	0,8501	0,0639	0,0002
T2+v2 / w	0,0965	0,5455	0,4498	0,0005	0,0361	<b>0,1620</b>	0,9699	0,0007	0,0043	0,1738	0,6775	0,0028
T2+v3 / w	0,0097	0,0413	0,4497	0,0133	0,0010	0,0034	<b>0,1565</b>	0,0233	<0,0001	0,0046	0,2987	0,1400
T2+v4 / w	<0,0001	<0,0001	0,0006	0,2412	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<b>0,5833</b>	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0231
T3+v1 / w	0,6367	0,1924	0,0034	<0,0001	0,5837	0,8650	0,0394	<0,0001	<b>0,2815</b>	0,4163	0,0133	<0,0001
T3+v2 / w	0,5451	0,9699	0,0493	<0,0001	0,1042	0,3745	0,2986	<0,0001	0,0120	<b>0,7055</b>	0,1857	<0,0001
T3+v3 / w	0,0234	0,1858	0,9247	0,0010	0,0082	0,0246	0,4058	0,0036	0,0003	0,0201	<b>0,7480</b>	0,0091
T3+v4 / w	0,0001	0,0001	0,0012	0,9698	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,8499	<0,0001	<0,0001	0,0006	<b>0,2254</b>

Tab. 30: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge - Zielpfadlänge [LE]“ der männlichen Probanden

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / m		0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T1+v2 / m	0,0001		0,0017	<0,0001	0,2247	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0110	0,0008	<0,0001	<0,0001
T1+v3 / m	<0,0001	0,0017		<0,0001	0,4038	0,0887	<0,0001	<0,0001	0,6777	0,1594	<0,0001	<0,0001
T1+v4 / m	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0005	0,0150	0,3061	0,0017	0,0026	0,0093	0,5171	0,0005
T2+v1 / m	0,0002	0,2247	0,4038	0,0005		0,0026	<0,0001	<0,0001	0,0305	0,0056	<0,0001	<0,0001
T2+v2 / m	<0,0001	<0,0001	0,0887	0,0150	0,0026		0,0003	<0,0001	0,2069	0,4038	0,0002	0,0001
T2+v3 / m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3061	<0,0001	0,0003		<0,0001	<0,0001	0,0026	0,1594	0,0002
T2+v4 / m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0017	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6112
T3+v1 / m	<0,0001	0,0110	0,6777	0,0026	0,0305	0,2069	<0,0001	<0,0001		0,0110	<0,0001	<0,0001
T3+v2 / m	<0,0001	0,0008	0,1594	0,0093	0,0056	0,4038	0,0026	<0,0001	0,0110		<0,0001	<0,0001
T3+v3 / m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,5171	<0,0001	0,0002	0,1594	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001
T3+v4 / m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0005	<0,0001	0,0001	0,0002	0,6112	<0,0001	<0,0001	<0,0001	



Tab. 31: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge - Zielpfadlänge [LE]“ der weiblichen Probandinnen

	T1+v1 / w	T1+v2 / w	T1+v3 / w	T1+v4 / w	T2+v1 / w	T2+v2 / w	T2+v3 / w	T2+v4 / w	T3+v1 / w	T3+v2 / w	T3+v3 / w	T3+v4 / w
T1+v1 / w		0,0020	0,0001	0,0001	0,0009	0,0043	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001
T1+v2 / w	0,0020		0,0001	0,0001	0,0256	0,0084	0,0001	0,0001	0,0005	0,0002	0,0002	0,0001
T1+v3 / w	0,0001	0,0001		0,0005	0,1354	0,8040	0,0001	0,0001	0,1354	0,0103	0,0005	0,0001
T1+v4 / w	0,0001	0,0001	0,0005		0,0027	0,0256	0,6387	0,0003	0,0354	0,1876	0,5614	0,0006
T2+v1 / w	0,0009	0,0256	0,1354	0,0027		0,0554	0,0003	0,0003	0,0181	0,0067	0,0009	0,0002
T2+v2 / w	0,0043	0,0084	0,8040	0,0256	0,0554		0,0016	0,0009	0,4543	0,0256	0,0012	0,0005
T2+v3 / w	0,0001	0,0001	0,0001	0,6387	0,0003	0,0016		0,0012	0,0151	0,0638	0,2078	0,0002
T2+v4 / w	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0003	0,0009	0,0012		0,0003	0,0006	0,0103	0,0151
T3+v1 / w	0,0001	0,0005	0,1354	0,0354	0,0181	0,4543	0,0151	0,0003		0,0181	0,0009	0,0002
T3+v2 / w	0,0001	0,0002	0,0103	0,1876	0,0067	0,0256	0,0638	0,0006	0,0181		0,0216	0,0003
T3+v3 / w	0,0002	0,0002	0,0005	0,5614	0,0009	0,0012	0,2078	0,0103	0,0009	0,0216		0,0006
T3+v4 / w	0,0001	0,0001	0,0001	0,0006	0,0002	0,0005	0,0002	0,0151	0,0002	0,0003	0,0006	

Tab. 32: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge - Zielpfadlänge [LE]“ der männlichen und weiblichen Proband\*innen

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,1992</b>	0,0032	0,0007	<0,0001	0,0032	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T1+v2 / w	0,8799	<b>0,0966</b>	0,0114	<0,0001	0,0414	0,0017	0,0001	<0,0001	0,0029	0,0010	<0,0001	<0,0001
T1+v3 / w	0,0213	0,8502	<b>0,1623</b>	0,0004	0,5711	0,0345	0,0007	<0,0001	0,1044	0,0192	0,0002	<0,0001
T1+v4 / w	0,0002	0,0314	0,4501	<b>0,0345</b>	0,1623	0,7340	0,1740	0,0002	0,4731	0,8502	0,0824	0,0003
T2+v1 / w	0,4278	0,5457	0,1623	0,0052	<b>0,4278</b>	0,0454	0,0114	0,0005	0,0824	0,0414	0,0066	0,0003
T2+v2 / w	0,0541	0,7626	0,4731	0,0314	0,9098	<b>0,1992</b>	0,0643	0,0036	0,2903	0,1309	0,0454	0,0015
T2+v3 / w	0,0006	0,0541	0,6504	0,0893	0,1863	0,9699	<b>0,2269</b>	0,0029	0,7626	0,9098	0,1127	0,0020
T2+v4 / w	<0,0001	0,0003	0,0102	0,9098	0,0025	0,0174	0,4061	<b>0,0541</b>	0,0073	0,0345	0,7626	0,0285
T3+v1 / w	0,0114	0,6235	0,5970	0,0092	1,0000	0,1863	0,0213	0,0007	<b>0,3451</b>	0,1408	0,0082	0,0004
T3+v2 / w	0,0017	0,2269	0,7915	0,0213	0,6504	0,4501	0,0378	0,0010	0,8502	<b>0,3079</b>	0,0141	0,0013
T3+v3 / w	0,0001	0,0314	0,3648	0,1408	0,1513	0,7340	0,3451	0,0082	0,5209	0,8208	<b>0,2573</b>	0,0032
T3+v4 / w	<0,0001	0,0002	0,0013	0,5711	0,0008	0,0036	0,1309	0,3262	0,0029	0,0066	0,1992	<b>0,2417</b>

Tab. 33: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“ der männlichen Probanden

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / m		0,9632	0,0202	<0,0001	0,0305	0,3529	0,5171	0,0007	<0,0001	0,0008	0,7119	0,0267
T1+v2 / m	0,9632		0,0004	<0,0001	0,0067	0,2842	0,2435	0,0001	<0,0001	0,0003	0,4307	0,0026
T1+v3 / m	0,0202	0,0004		<0,0001	0,0003	0,0056	0,3061	0,0039	<0,0001	<0,0001	0,0004	0,0984
T1+v4 / m	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,7467	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T2+v1 / m	0,0305	0,0067	0,0003	<0,0001		0,0638	0,0021	<0,0001	0,0005	0,3290	0,2633	0,0003
T2+v2 / m	0,3529	0,2842	0,0056	<0,0001	0,0638		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0267	0,1743	0,0003
T2+v3 / m	0,5171	0,2435	0,3061	<0,0001	0,0021	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1202	0,0046
T2+v4 / m	0,0007	0,0001	0,0039	0,7467	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0093
T3+v1 / m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0005	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001
T3+v2 / m	0,0008	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,3290	0,0267	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001
T3+v3 / m	0,7119	0,4307	0,0004	<0,0001	0,2633	0,1743	0,1202	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001
T3+v4 / m	0,0267	0,0026	0,0984	<0,0001	0,0003	0,0003	0,0046	0,0093	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tab. 34: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“ der weiblichen Probandinnen

	T1+v1 / w	T1+v2 / w	T1+v3 / w	T1+v4 / w	T2+v1 / w	T2+v2 / w	T2+v3 / w	T2+v4 / w	T3+v1 / w	T3+v2 / w	T3+v3 / w	T3+v4 / w
T1+v1 / w		0,2524	0,0084	0,0003	0,2293	0,8469	0,3303	0,0043	0,0006	0,0151	0,5245	0,0181
T1+v2 / w	0,2524		0,6788	0,0001	0,0354	0,3592	0,9780	0,0003	0,0006	0,0043	0,6387	0,0946
T1+v3 / w	0,0084	0,6788		0,0001	0,0413	0,0730	0,3303	0,0002	0,0002	0,0005	0,0413	0,0479
T1+v4 / w	0,0003	0,0001	0,0001		0,0002	0,0103	0,0002	0,9341	0,0001	0,0001	0,0001	0,0554
T2+v1 / w	0,2293	0,0354	0,0413	0,0002		0,0054	0,0181	0,0001	0,0302	0,1515	0,2078	0,0034
T2+v2 / w	0,8469	0,3592	0,0730	0,0103	0,0054		0,0216	0,0084	0,0020	0,0084	0,7197	0,0181
T2+v3 / w	0,3303	0,9780	0,3303	0,0002	0,0181	0,0216		0,0001	0,0001	0,0003	0,0730	0,0054
T2+v4 / w	0,0043	0,0003	0,0002	0,9341	0,0001	0,0084	0,0001		0,0001	0,0001	0,0001	0,0554
T3+v1 / w	0,0006	0,0006	0,0002	0,0001	0,0302	0,0020	0,0001	0,0001		0,0043	0,0001	0,0001
T3+v2 / w	0,0151	0,0043	0,0005	0,0001	0,1515	0,0084	0,0003	0,0001	0,0043		0,0001	0,0001
T3+v3 / w	0,5245	0,6387	0,0413	0,0001	0,2078	0,7197	0,0730	0,0001	0,0001	0,0001		0,0001
T3+v4 / w	0,0181	0,0946	0,0479	0,0554	0,0034	0,0181	0,0054	0,0554	0,0001	0,0001	0,0001	

Tab. 35: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“ der männlichen und weiblichen Proband\*innen

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,8799</b>	0,8207	0,2125	0,0006	0,2989	0,5711	0,5209	0,0017	0,0010	0,0173	0,7339	0,0127
T1+v2 / w	0,7482	<b>0,6504</b>	0,7340	0,0046	0,1357	0,3079	0,9098	0,0127	0,0003	0,0041	0,3851	0,0759
T1+v3 / w	0,4501	0,4731	<b>0,8355</b>	0,0066	0,0728	0,1044	0,6504	0,0108	0,0001	0,0010	0,0966	0,0966
T1+v4 / w	0,0157	0,0157	0,0414	<b>0,5970</b>	0,0002	0,0003	0,0041	0,9398	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0824
T2+v1 / w	0,2818	0,2417	0,0396	0,0010	<b>0,8354</b>	0,7915	0,1623	0,0017	0,0728	0,4966	0,4501	0,0102
T2+v2 / w	0,5457	0,5970	0,1309	0,0009	0,5209	<b>0,7482</b>	0,3955	0,0029	0,0102	0,1408	0,9699	0,0174
T2+v3 / w	0,7626	0,6504	0,6235	0,0013	0,1004	0,1681	<b>0,8208</b>	0,0082	0,0001	0,0017	0,1513	0,0643
T2+v4 / w	0,0134	0,0092	0,0314	0,5711	0,0003	0,0004	0,0046	<b>0,9699</b>	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,1623
T3+v1 / w	0,0073	0,0082	0,0001	<0,0001	0,1308	0,0496	0,0008	<0,0001	<b>0,4501</b>	0,4847	0,0082	<0,0001
T3+v2 / w	0,1044	0,0759	0,0044	<0,0001	0,6101	0,3748	0,0192	<0,0001	0,0616	<b>0,5839</b>	0,2734	<0,0001
T3+v3 / w	0,7915	0,8207	0,1215	<0,0001	0,2903	0,4614	0,3450	0,0001	0,0003	0,0102	<b>0,3850</b>	0,0025
T3+v4 / w	0,0966	0,1044	0,3261	0,0183	0,0010	0,0020	0,0453	0,1044	<0,0001	<0,0001	0,0015	<b>0,7915</b>

Tab. 36: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / uw	T1+v2 / uw	T1+v3 / uw	T1+v4 / uw	T2+v1 / uw	T2+v2 / uw	T2+v3 / uw	T2+v4 / uw	T3+v1 / uw	T3+v2 / uw	T3+v3 / uw	T3+v4 / uw
T1+v1 / uw		0,2886	0,0282	0,0001	0,0056	0,0042	0,0675	0,0020	0,0002	0,0014	0,0646	0,0869
T1+v2 / uw	0,2886		0,2128	<0,0001	0,0020	0,0057	0,0582	0,0021	0,0003	0,0010	0,0023	0,3522
T1+v3 / uw	0,0282	0,2128		0,0002	<0,0001	0,0008	0,0015	0,0080	0,0001	<0,0001	0,0005	0,9221
T1+v4 / uw	0,0001	<0,0001	0,0002		<0,0001	0,0002	<0,0001	0,0207	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002
T2+v1 / uw	0,0056	0,0020	<0,0001	<0,0001		0,3638	0,0122	0,0001	0,0145	0,1466	0,6263	0,0002
T2+v2 / uw	0,0042	0,0057	0,0008	0,0002	0,3638		0,1454	0,0007	0,0070	0,0617	0,6227	0,0010
T2+v3 / uw	0,0675	0,0582	0,0015	<0,0001	0,0122	0,1454		0,0001	0,0003	0,0133	0,2376	0,0017
T2+v4 / uw	0,0020	0,0021	0,0080	0,0207	0,0001	0,0007	0,0001		0,0001	0,0001	0,0001	0,0711
T3+v1 / uw	0,0002	0,0003	0,0001	<0,0001	0,0145	0,0070	0,0003	0,0001		0,0990	0,0004	<0,0001
T3+v2 / uw	0,0014	0,0010	<0,0001	<0,0001	0,1466	0,0617	0,0133	0,0001	0,0990		0,0340	<0,0001
T3+v3 / uw	0,0646	0,0023	0,0005	<0,0001	0,6263	0,6227	0,2376	0,0001	0,0004	0,0340		0,0002
T3+v4 / uw	0,0869	0,3522	0,9221	0,0002	0,0002	0,0010	0,0017	0,0711	<0,0001	<0,0001	0,0002	

Tab. 37: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / w	T1+v2 / w	T1+v3 / w	T1+v4 / w	T2+v1 / w	T2+v2 / w	T2+v3 / w	T2+v4 / w	T3+v1 / w	T3+v2 / w	T3+v3 / w	T3+v4 / w
T1+v1 / w		0,3216	0,3723	0,0428	0,1440	0,0214	0,0543	0,0137	0,0117	0,0428	0,0817	0,0253
T1+v2 / w	0,3216		0,7829	0,0331	0,0739	0,0233	0,1440	0,0117	0,0388	0,0698	0,1518	0,0916
T1+v3 / w	0,3723	0,7829		0,0817	0,0877	0,0117	0,0604	0,0350	0,0117	0,0350	0,0543	0,1440
T1+v4 / w	0,0428	0,0331	0,0817		0,0331	0,0058	0,0058	0,4269	0,0117	0,0058	0,0233	0,3606
T2+v1 / w	0,1440	0,0739	0,0877	0,0331		0,9385	0,9535	0,0058	0,3023	0,5692	0,7622	0,0097
T2+v2 / w	0,0214	0,0233	0,0117	0,0058	0,9385		0,3307	0,0058	0,2093	0,4264	0,8462	0,0058
T2+v3 / w	0,0543	0,1440	0,0604	0,0058	0,9535	0,3307		0,0058	0,2982	0,2615	0,8519	0,0058
T2+v4 / w	0,0137	0,0117	0,0350	0,4269	0,0058	0,0058	0,0058		0,0117	0,0117	0,0137	0,2996
T3+v1 / w	0,0117	0,0388	0,0117	0,0117	0,3023	0,2093	0,2982	0,0117		0,8605	0,1515	0,0117
T3+v2 / w	0,0428	0,0698	0,0350	0,0058	0,5692	0,4264	0,2615	0,0117	0,8605		0,4113	0,0058
T3+v3 / w	0,0817	0,1518	0,0543	0,0233	0,7622	0,8462	0,8519	0,0137	0,1515	0,4113		0,0058
T3+v4 / w	0,0253	0,0916	0,1440	0,3606	0,0097	0,0058	0,0058	0,2996	0,0117	0,0058	0,0058	

Tab. 38: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Trefferquote [%]“ der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / uw	T1+v2 / uw	T1+v3 / uw	T1+v4 / uw	T2+v1 / uw	T2+v2 / uw	T2+v3 / uw	T2+v4 / uw	T3+v1 / uw	T3+v2 / uw	T3+v3 / uw	T3+v4 / uw
T1+v1 / w	<b>0,8167</b>	0,9497	0,7209	0,0168	0,0814	0,1446	0,3316	0,2662	0,0028	0,0224	0,2279	0,4751
T1+v2 / w	0,9329	<b>0,9664</b>	0,6435	0,0485	0,2136	0,2599	0,4984	0,2480	0,0211	0,0735	0,3702	0,4372
T1+v3 / w	0,7846	0,8994	<b>0,9329</b>	0,0398	0,0919	0,1685	0,3316	0,3556	0,0035	0,0377	0,2102	0,7053
T1+v4 / w	0,0481	0,0586	0,0929	<b>0,7690</b>	0,0021	0,0036	0,0129	0,4013	0,0001	0,0004	0,0029	0,1657
T2+v1 / w	0,1515	0,1758	0,0880	0,0020	<b>0,9480</b>	0,7156	0,4684	0,0349	0,5489	0,8264	0,7793	0,0395
T2+v2 / w	0,1234	0,1276	0,0734	0,0009	0,8791	<b>0,6371</b>	0,3936	0,0255	0,3751	0,7756	0,6355	0,0338
T2+v3 / w	0,1639	0,2052	0,0671	0,0025	0,9656	0,8644	<b>0,5802</b>	0,0272	0,3338	0,5870	0,7642	0,0220
T2+v4 / w	0,0532	0,0613	0,1785	0,6445	0,0024	0,0038	0,0146	<b>0,5155</b>	0,0002	0,0007	0,0040	0,2075
T3+v1 / w	0,0311	0,0659	0,0070	0,0001	0,9656	0,5360	0,3607	0,0040	<b>0,5406</b>	1,0000	0,3472	0,0015
T3+v2 / w	0,0841	0,0947	0,0315	0,0003	1,0000	0,6847	0,4446	0,0048	0,3115	<b>0,8279</b>	0,5056	0,0071
T3+v3 / w	0,2631	0,2731	0,1053	0,0008	0,4806	0,8485	0,8654	0,0305	0,0832	0,3130	<b>1,0000</b>	0,0393
T3+v4 / w	0,1716	0,1852	0,4617	0,3241	0,0084	0,0135	0,0410	0,8998	0,0004	0,0029	0,0292	<b>0,6897</b>



Tab. 39: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge - Zielpfadlänge [LE]“ der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / uw	T1+v2 / uw	T1+v3 / uw	T1+v4 / uw	T2+v1 / uw	T2+v2 / uw	T2+v3 / uw	T2+v4 / uw	T3+v1 / uw	T3+v2 / uw	T3+v3 / uw	T3+v4 / uw
T1+v1 / uw		0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
T1+v2 / uw	0,0002		0,0002	<0,0001	0,0333	0,0004	<0,0001	<0,0001	0,0005	0,0001	<0,0001	<0,0001
T1+v3 / uw	<0,0001	0,0002		0,0001	0,0727	0,5841	<0,0001	<0,0001	0,5633	0,0225	<0,0001	<0,0001
T1+v4 / uw	<0,0001	<0,0001	0,0001		0,0001	0,0017	0,1361	0,0001	0,0035	0,0089	0,8314	0,0001
T2+v1 / uw	0,0001	0,0333	0,0727	0,0001		0,0062	<0,0001	<0,0001	0,0051	0,0007	<0,0001	<0,0001
T2+v2 / uw	0,0003	0,0004	0,5841	0,0017	0,0062		0,0001	<0,0001	0,6702	0,0192	0,0001	<0,0001
T2+v3 / uw	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1361	<0,0001	0,0001		<0,0001	0,0009	0,0192	0,0516	0,0001
T2+v4 / uw	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	0,0002	0,1137
T3+v1 / uw	<0,0001	0,0005	0,5633	0,0035	0,0051	0,6702	0,0009	<0,0001		0,0081	<0,0001	<0,0001
T3+v2 / uw	<0,0001	0,0001	0,0225	0,0089	0,0007	0,0192	0,0192	<0,0001	0,0081		0,0001	<0,0001
T3+v3 / uw	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,8314	<0,0001	0,0001	0,0516	0,0002	<0,0001	0,0001		<0,0001
T3+v4 / uw	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,1137	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tab. 40: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge – Zielpfadlänge [LE]“ der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / w	T1+v2 / w	T1+v3 / w	T1+v4 / w	T2+v1 / w	T2+v2 / w	T2+v3 / w	T2+v4 / w	T3+v1 / w	T3+v2 / w	T3+v3 / w	T3+v4 / w
T1+v1 / w		0,0058	0,0058	0,0058	0,0137	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,0097	0,0058
T1+v2 / w	0,0058		0,0058	0,0058	0,3021	0,0137	0,0058	0,0058	0,0137	0,0097	0,0097	0,0058
T1+v3 / w	0,0058	0,0058		0,0058	0,7349	0,0994	0,0058	0,0058	0,2515	0,1306	0,0292	0,0058
T1+v4 / w	0,0058	0,0058	0,0058		0,0994	0,2047	0,6530	0,0409	0,0409	0,3606	0,4971	0,0409
T2+v1 / w	0,0137	0,3021	0,7349	0,0994		0,0409	0,0097	0,0058	0,2515	0,1306	0,0409	0,0058
T2+v2 / w	0,0058	0,0137	0,0994	0,2047	0,0409		0,0292	0,0097	0,2515	0,7349	0,0760	0,0097
T2+v3 / w	0,0058	0,0058	0,0058	0,6530	0,0097	0,0292		0,0214	0,0058	0,0058	0,4971	0,0137
T2+v4 / w	0,0058	0,0058	0,0058	0,0409	0,0058	0,0097	0,0214		0,0058	0,0058	0,0097	0,2047
T3+v1 / w	0,0058	0,0137	0,2515	0,0409	0,2515	0,2515	0,0058	0,0058		0,0994	0,0137	0,0058
T3+v2 / w	0,0058	0,0097	0,1306	0,3606	0,1306	0,7349	0,0058	0,0058	0,0994		0,0994	0,0058
T3+v3 / w	0,0097	0,0097	0,0292	0,4971	0,0409	0,0760	0,4971	0,0097	0,0137	0,0994		0,0214
T3+v4 / w	0,0058	0,0058	0,0058	0,0409	0,0058	0,0097	0,0137	0,2047	0,0058	0,0058	0,0214	

Tab. 41: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Bewegungspfadlänge – Zielpfadlänge [LE]“ der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / uw	T1+v2 / uw	T1+v3 / uw	T1+v4 / uw	T2+v1 / uw	T2+v2 / uw	T2+v3 / uw	T2+v4 / uw	T3+v1 / uw	T3+v2 / uw	T3+v3 / uw	T3+v4 / uw
T1+v1 / w	<b>0,5574</b>	0,2758	0,0189	0,0003	0,1799	0,0189	0,0013	<0,0001	0,0064	0,0038	0,0004	<0,0001
T1+v2 / w	0,0361	<b>0,5295</b>	0,4506	0,0083	0,9332	0,3350	0,0212	0,0001	0,2406	0,1313	0,0083	0,0002
T1+v3 / w	0,0025	0,0715	<b>0,5025</b>	0,1021	0,3145	0,7692	0,3565	0,0017	0,7374	0,8340	0,0936	0,0008
T1+v4 / w	0,0002	0,0025	0,0106	<b>0,9666</b>	0,0189	0,0539	0,4019	0,1666	0,0784	0,0715	0,6150	0,0784
T2+v1 / w	0,0189	0,1112	0,7374	0,1021	<b>0,4506</b>	0,7060	0,3145	0,0029	0,8669	0,8999	0,1313	0,0022
T2+v2 / w	0,0007	0,0169	0,1112	0,7060	0,0857	<b>0,2758</b>	0,9332	0,0442	0,2242	0,5574	0,6448	0,0189
T2+v3 / w	0,0001	0,0009	0,0038	0,8014	0,0050	0,0400	<b>0,2406</b>	0,1666	0,0236	0,0400	0,4019	0,0539
T2+v4 / w	<0,0001	0,0001	0,0004	0,0857	0,0011	0,0022	0,0326	<b>0,9666</b>	0,0033	0,0050	0,0489	0,5025
T3+v1 / w	0,0007	0,0489	0,3350	0,1424	0,2242	0,5295	0,5574	0,0019	<b>0,6751</b>	0,9332	0,1799	0,0013
T3+v2 / w	0,0001	0,0083	0,1313	0,3565	0,0539	0,2947	0,7692	0,0073	0,2242	<b>0,4258</b>	0,4506	0,0050
T3+v3 / w	0,0001	0,0009	0,0064	0,6448	0,0106	0,0400	0,3145	0,2406	0,0400	0,0715	<b>0,3350</b>	0,0784
T3+v4 / w	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0652	0,0006	0,0011	0,0134	0,6751	0,0017	0,0013	0,0134	<b>0,8014</b>

Tab. 42: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Geschwindigkeiten der Cursorbewegung [mm/s]“ der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / uw	T1+v2 / uw	T1+v3 / uw	T1+v4 / uw	T2+v1 / uw	T2+v2 / uw	T2+v3 / uw	T2+v4 / uw	T3+v1 / uw	T3+v2 / uw	T3+v3 / uw	T3+v4 / uw
T1+v1 / uw		0,3457	0,0089	<0,0001	0,0593	0,7454	0,1283	0,0004	<0,0001	0,0003	0,3229	0,0126
T1+v2 / uw	0,3457		0,1664	<0,0001	0,0138	0,4290	0,3011	0,0002	<0,0001	0,0001	0,0657	0,0386
T1+v3 / uw	0,0089	0,1664		<0,0001	0,0062	0,0447	0,7380	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0007	0,1443
T1+v4 / uw	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0001	0,0006	0,0002	0,7843	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002
T2+v1 / uw	0,0593	0,0138	0,0062	0,0001		0,0055	0,0007	<0,0001	0,0007	0,0386	0,7151	0,0074
T2+v2 / uw	0,7454	0,4290	0,0447	0,0006	0,0055		0,0010	0,0005	<0,0001	0,0010	0,4470	0,0051
T2+v3 / uw	0,1283	0,3011	0,7380	0,0002	0,0007	0,0010		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,0480
T2+v4 / uw	0,0004	0,0002	0,0002	0,7843	<0,0001	0,0005	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0027
T3+v1 / uw	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0007	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0001	<0,0001	<0,0001
T3+v2 / uw	0,0003	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0386	0,0010	<0,0001	<0,0001	0,0001		<0,0001	<0,0001
T3+v3 / uw	0,3229	0,0657	0,0007	<0,0001	0,7151	0,4470	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001
T3+v4 / uw	0,0126	0,0386	0,1443	0,0002	0,0074	0,0051	0,0480	0,0027	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tab. 43: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Geschwindigkeiten der Cursorbewegung [mm/s]“ der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / w	T1+v2 / w	T1+v3 / w	T1+v4 / w	T2+v1 / w	T2+v2 / w	T2+v3 / w	T2+v4 / w	T3+v1 / w	T3+v2 / w	T3+v3 / w	T3+v4 / w
T1+v1 / w		0,6530	0,0760	0,0058	0,0058	0,0565	0,3606	0,3606	0,0058	0,0137	0,2515	0,2047
T1+v2 / w	0,6530		0,1774	0,0058	0,0058	0,0058	0,3606	0,1306	0,0058	0,0214	0,5712	0,5712
T1+v3 / w	0,0760	0,1774		0,0097	0,0058	0,0058	0,0994	0,2047	0,0058	0,0058	0,0760	0,4971
T1+v4 / w	0,0058	0,0058	0,0097		0,0058	0,0058	0,0058	0,3021	0,0058	0,0058	0,0058	0,0565
T2+v1 / w	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058		0,4269	0,0760	0,0058	0,1657	0,9103	0,0799	0,0097
T2+v2 / w	0,0565	0,0058	0,0058	0,0058	0,4269		0,0058	0,0058	0,0565	1,0000	0,0097	0,0058
T2+v3 / w	0,3606	0,3606	0,0994	0,0058	0,0760	0,0058		0,0058	0,0058	0,0214	1,0000	0,0058
T2+v4 / w	0,3606	0,1306	0,2047	0,3021	0,0058	0,0058	0,0058		0,0058	0,0058	0,0058	0,1657
T3+v1 / w	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,1657	0,0565	0,0058	0,0058		0,0292	0,0058	0,0058
T3+v2 / w	0,0137	0,0214	0,0058	0,0058	0,9103	1,0000	0,0214	0,0058	0,0292		0,0565	0,0058
T3+v3 / w	0,2515	0,5712	0,0760	0,0058	0,0799	0,0097	1,0000	0,0058	0,0058	0,0565		0,0058
T3+v4 / w	0,2047	0,5712	0,4971	0,0565	0,0097	0,0058	0,0058	0,1657	0,0058	0,0058	0,0058	

Tab. 44: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Geschwindigkeiten der Cursorbewegung [mm/s]“ der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / uw	T1+v2 / uw	T1+v3 / uw	T1+v4 / uw	T2+v1 / uw	T2+v2 / uw	T2+v3 / uw	T2+v4 / uw	T3+v1 / uw	T3+v2 / uw	T3+v3 / uw	T3+v4 / uw
T1+v1 / w	<b>0,8504</b>	0,8999	0,5024	0,0400	0,3145	0,8999	0,6150	0,0236	0,0073	0,0857	0,9165	0,1424
T1+v2 / w	0,8014	<b>1,0000</b>	0,5573	0,0539	0,3145	0,7374	0,6150	0,0263	0,0050	0,0748	0,8340	0,1424
T1+v3 / w	0,4892	0,6448	<b>0,9666</b>	0,0652	0,1210	0,4019	0,9666	0,0343	0,0002	0,0083	0,3787	0,1666
T1+v4 / w	0,0033	0,0119	0,0236	<b>0,8999</b>	0,0044	0,0073	0,0134	0,9666	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0748
T2+v1 / w	0,1424	0,0978	0,0056	<0,0001	<b>0,5158</b>	0,1424	0,0134	0,0001	0,2757	1,0000	0,1209	0,0002
T2+v2 / w	0,1021	0,0857	0,0050	<0,0001	0,5295	<b>0,2163</b>	0,0099	0,0001	0,2086	1,0000	0,1260	0,0002
T2+v3 / w	0,8340	0,4761	0,1367	0,0004	0,6003	0,8669	<b>0,1666</b>	0,0005	0,0060	0,1209	0,9666	0,0050
T2+v4 / w	0,0106	0,0263	0,0593	0,4506	0,0094	0,0169	0,0361	<b>0,4632</b>	<0,0001	<0,0001	0,0004	0,2758
T3+v1 / w	0,0050	0,0033	0,0003	<0,0001	0,1112	0,0134	0,0004	<0,0001	<b>0,9666</b>	0,1938	0,0022	<0,0001
T3+v2 / w	0,0652	0,0465	0,0024	<0,0001	0,4506	0,1021	0,0064	0,0001	0,2667	<b>0,7216</b>	0,0651	0,0001
T3+v3 / w	0,7374	0,4761	0,1112	0,0005	0,7692	0,8834	0,1602	0,0009	0,0106	0,2404	<b>1,0000</b>	0,0083
T3+v4 / w	0,0489	0,1021	0,2758	0,0652	0,0236	0,0361	0,2242	0,1541	<0,0001	0,0001	0,0033	<b>0,9833</b>

Tab. 45: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“ der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / uw	T1+v2 / uw	T1+v3 / uw	T1+v4 / uw	T2+v1 / uw	T2+v2 / uw	T2+v3 / uw	T2+v4 / uw	T3+v1 / uw	T3+v2 / uw	T3+v3 / uw	T3+v4 / uw
T1+v1 / uw		0,4291	0,0051	<0,0001	0,1443	0,9273	0,0416	0,0003	0,0001	0,0013	0,7151	0,0035
T1+v2 / uw	0,4291		0,0285	<0,0001	0,0308	0,8314	0,1361	<0,0001	0,0001	0,0003	0,3944	0,0035
T1+v3 / uw	0,0051	0,0285		<0,0001	0,0051	0,0447	0,4654	0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0010	0,0150
T1+v4 / uw	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	0,0006	<0,0001	0,7843	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0005
T2+v1 / uw	0,1443	0,0308	0,0051	<0,0001		0,0026	0,0007	<0,0001	0,0007	0,0480	0,3458	0,0007
T2+v2 / uw	0,9273	0,8314	0,0447	0,0006	0,0026		0,0014	0,0004	<0,0001	0,0010	0,9757	0,0029
T2+v3 / uw	0,0416	0,1361	0,4654	<0,0001	0,0007	0,0014		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0062	0,0056
T2+v4 / uw	0,0003	<0,0001	0,0002	0,7843	<0,0001	0,0004	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0081
T3+v1 / uw	0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0007	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,0001	<0,0001	<0,0001
T3+v2 / uw	0,0013	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0480	0,0010	<0,0001	<0,0001	0,0001		<0,0001	<0,0001
T3+v3 / uw	0,7151	0,3944	0,0010	<0,0001	0,3458	0,9757	0,0062	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001
T3+v4 / uw	0,0035	0,0035	0,0150	0,0005	0,0007	0,0029	0,0056	0,0081	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tab. 46: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“ der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / w	T1+v2 / w	T1+v3 / w	T1+v4 / w	T2+v1 / w	T2+v2 / w	T2+v3 / w	T2+v4 / w	T3+v1 / w	T3+v2 / w	T3+v3 / w	T3+v4 / w
T1+v1 / w		0,6530	0,0760	0,0058	0,0292	0,1306	0,4971	0,0292	0,0058	0,0214	0,7349	0,2047
T1+v2 / w	0,6530		0,0994	0,0058	0,0058	0,0214	0,6530	0,0214	0,0058	0,0292	0,9103	0,2047
T1+v3 / w	0,0760	0,0994		0,0058	0,0058	0,0058	0,2047	0,0565	0,0058	0,0058	0,0565	0,4269
T1+v4 / w	0,0058	0,0058	0,0058		0,0058	0,0058	0,0058	0,4269	0,0058	0,0058	0,0058	0,0994
T2+v1 / w	0,0292	0,0058	0,0058	0,0058		0,2047	0,1306	0,0058	0,1657	0,8207	0,0994	0,0097
T2+v2 / w	0,1306	0,0214	0,0058	0,0058	0,2047		0,0058	0,0058	0,0292	0,4971	0,0097	0,0058
T2+v3 / w	0,4971	0,6530	0,2047	0,0058	0,1306	0,0058		0,0058	0,0058	0,0137	1,0000	0,0058
T2+v4 / w	0,0292	0,0214	0,0565	0,4269	0,0058	0,0058	0,0058		0,0058	0,0058	0,0058	0,1657
T3+v1 / w	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058	0,1657	0,0292	0,0058	0,0058		0,0409	0,0058	0,0058
T3+v2 / w	0,0214	0,0292	0,0058	0,0058	0,8207	0,4971	0,0137	0,0058	0,0409		0,0058	0,0058
T3+v3 / w	0,7349	0,9103	0,0565	0,0058	0,0994	0,0097	1,0000	0,0058	0,0058	0,0058		0,0058
T3+v4 / w	0,2047	0,2047	0,4269	0,0994	0,0097	0,0058	0,0058	0,1657	0,0058	0,0058	0,0058	



Tab. 47: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für den Parameter „Standardabweichung der Beschleunigungen der Cursorbewegung [mm/s<sup>2</sup>]“ der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit

	T1+v1 / uw	T1+v2 / uw	T1+v3 / uw	T1+v4 / uw	T2+v1 / uw	T2+v2 / uw	T2+v3 / uw	T2+v4 / uw	T3+v1 / uw	T3+v2 / uw	T3+v3 / uw	T3+v4 / uw
T1+v1 / w	<b>0,9666</b>	0,9332	0,3350	0,0326	0,4258	0,8669	0,4506	0,0151	0,0119	0,1313	0,6448	0,1210
T1+v2 / w	0,8340	<b>0,9332</b>	0,3350	0,0263	0,3350	0,7374	0,4761	0,0119	0,0057	0,0857	0,8669	0,0936
T1+v3 / w	0,3565	0,5858	<b>0,9332</b>	0,0400	0,1021	0,3145	0,8999	0,0169	0,0002	0,0044	0,5025	0,1210
T1+v4 / w	0,0014	0,0022	0,0263	<b>0,8999</b>	0,0017	0,0029	0,0094	0,9666	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,1541
T2+v1 / w	0,1112	0,0784	0,0044	<0,0001	<b>0,4761</b>	0,1112	0,0057	<0,0001	0,2758	1,0000	0,0236	<0,0001
T2+v2 / w	0,1424	0,0593	0,0050	<0,0001	0,5574	<b>0,1799</b>	0,0050	<0,0001	0,1160	1,0000	0,0593	<0,0001
T2+v3 / w	0,9666	0,5858	0,1210	<0,0001	0,6448	0,9666	<b>0,1666</b>	0,0001	0,0025	0,0489	0,8999	0,0004
T2+v4 / w	0,0022	0,0064	0,0263	0,7060	0,0022	0,0038	0,0119	<b>0,6150</b>	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,2086
T3+v1 / w	0,0057	0,0025	0,0002	<0,0001	0,1112	0,0106	0,0002	<0,0001	<b>0,8669</b>	0,1313	0,0006	<0,0001
T3+v2 / w	0,0489	0,0263	0,0007	<0,0001	0,4019	0,0652	0,0014	<0,0001	0,2578	<b>0,7692</b>	0,0094	<0,0001
T3+v3 / w	0,9332	0,5295	0,0936	0,0001	0,5858	0,9332	0,1313	0,0002	0,0013	0,0784	<b>0,6751</b>	0,0005
T3+v4 / w	0,0083	0,0400	0,1424	0,0652	0,0083	0,0293	0,0784	0,1112	<0,0001	<0,0001	0,0008	<b>0,8014</b>

## Feedback

Tab. 48: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten aller Proband\*innen auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / angenehm	T1+v2 / angenehm	T1+v3 / angenehm	T1+v4 / angenehm	T2+v1 / angenehm	T2+v2 / angenehm	T2+v3 / angenehm	T2+v4 / angenehm	T3+v1 / angenehm	T3+v2 / angenehm	T3+v3 / angenehm	T3+v4 / angenehm
T1+v1 / angenehm		0,5649	0,0152	0,0003	0,6568	0,3092	0,0123	0,0001	0,6433	0,3529	0,0178	0,0001
T1+v2 / angenehm	0,5649		0,0235	0,0004	0,9610	0,5439	0,0711	0,0005	0,4028	0,8280	0,0304	0,0005
T1+v3 / angenehm	0,0152	0,0235		0,0007	0,0475	0,0630	0,9276	0,0027	0,0147	0,1195	0,7944	0,0022
T1+v4 / angenehm	0,0003	0,0004	0,0007		0,0002	0,0002	0,0024	0,7951	0,0004	0,0012	0,0016	0,8498
T2+v1 / angenehm	0,6568	0,9610	0,0475	0,0002		0,4412	0,0384	0,0005	0,5499	0,6511	0,0375	0,0002
T2+v2 / angenehm	0,3092	0,5439	0,0630	0,0002	0,4412		0,0668	0,0001	0,3528	0,8683	0,0284	0,0001
T2+v3 / angenehm	0,0123	0,0711	0,9276	0,0024	0,0384	0,0668		0,0007	0,0214	0,1659	0,9867	0,0004
T2+v4 / angenehm	0,0001	0,0005	0,0027	0,7951	0,0005	0,0001	0,0007		0,0009	0,0008	0,0017	0,8759
T3+v1 / angenehm	0,6433	0,4028	0,0147	0,0004	0,5499	0,3528	0,0214	0,0009		0,4107	0,0270	0,0007
T3+v2 / angenehm	0,3529	0,8280	0,1195	0,0012	0,6511	0,8683	0,1659	0,0008	0,4107		0,0637	0,0010
T3+v3 / angenehm	0,0178	0,0304	0,7944	0,0016	0,0375	0,0284	0,9867	0,0017	0,0270	0,0637		0,0005
T3+v4 / angenehm	0,0001	0,0005	0,0022	0,8498	0,0002	0,0001	0,0004	0,8759	0,0007	0,0010	0,0005	

Tab. 49: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten aller Proband\*innen auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / schwierig	T1+v2 / schwierig	T1+v3 / schwierig	T1+v4 / schwierig	T2+v1 / schwierig	T2+v2 / schwierig	T2+v3 / schwierig	T2+v4 / schwierig	T3+v1 / schwierig	T3+v2 / schwierig	T3+v3 / schwierig	T3+v4 / schwierig
T1+v1 / schwierig		0,5246	0,0022	<0,0001	0,0079	0,0467	0,7729	0,0003	0,0029	0,0328	0,6275	0,0082
T1+v2 / schwierig	0,5246		0,0012	<0,0001	0,0071	0,0234	0,9898	0,0007	0,0026	0,0062	0,9214	0,0065
T1+v3 / schwierig	0,0022	0,0012		<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0133	0,0659	0,0001	<0,0001	0,0113	0,4225
T1+v4 / schwierig	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0225	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0034
T2+v1 / schwierig	0,0079	0,0071	<0,0001	<0,0001		0,3192	0,0038	<0,0001	0,2762	0,8371	0,0055	<0,0001
T2+v2 / schwierig	0,0467	0,0234	0,0001	<0,0001	0,3192		0,0045	<0,0001	0,1260	0,3859	0,0258	<0,0001
T2+v3 / schwierig	0,7729	0,9898	0,0133	<0,0001	0,0038	0,0045		<0,0001	0,0005	0,0028	0,9806	0,0006
T2+v4 / schwierig	0,0003	0,0007	0,0659	0,0225	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	0,0001	0,2470
T3+v1 / schwierig	0,0029	0,0026	0,0001	<0,0001	0,2762	0,1260	0,0005	<0,0001		0,0970	0,0004	<0,0001
T3+v2 / schwierig	0,0328	0,0062	<0,0001	<0,0001	0,8371	0,3859	0,0028	<0,0001	0,0970		0,0002	<0,0001
T3+v3 / schwierig	0,6275	0,9214	0,0113	<0,0001	0,0055	0,0258	0,9806	0,0001	0,0004	0,0002		<0,0001
T3+v4 / schwierig	0,0082	0,0065	0,4225	0,0034	<0,0001	<0,0001	0,0006	0,2470	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tab. 50: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten aller Proband\*innen auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“

	T1+v1 / ermüdet	T1+v2 / ermüdet	T1+v3 / ermüdet	T1+v4 / ermüdet	T2+v1 / ermüdet	T2+v2 / ermüdet	T2+v3 / ermüdet	T2+v4 / ermüdet	T3+v1 / ermüdet	T3+v2 / ermüdet	T3+v3 / ermüdet	T3+v4 / ermüdet
T1+v1 / ermüdet		0,5129	0,1069	0,0199	0,0664	0,1772	0,8464	0,8045	0,0181	0,0284	0,5318	0,4905
T1+v2 / ermüdet	0,5129		0,0932	0,0389	0,0501	0,1007	0,7045	0,8896	0,0215	0,0270	0,4669	0,4337
T1+v3 / ermüdet	0,1069	0,0932		0,2699	0,0065	0,0318	0,3171	0,4600	0,0060	0,0117	0,1744	0,1412
T1+v4 / ermüdet	0,0199	0,0389	0,2699		0,0139	0,0254	0,1727	0,3570	0,0050	0,0091	0,1000	0,0817
T2+v1 / ermüdet	0,0664	0,0501	0,0065	0,0139		0,1085	0,0004	0,0006	0,5984	0,8177	0,0886	0,0846
T2+v2 / ermüdet	0,1772	0,1007	0,0318	0,0254	0,1085		0,0049	0,0064	0,1753	0,3358	0,2567	0,3384
T2+v3 / ermüdet	0,8464	0,7045	0,3171	0,1727	0,0004	0,0049		0,2912	0,0104	0,0246	0,6133	0,4199
T2+v4 / ermüdet	0,8045	0,8896	0,4600	0,3570	0,0006	0,0064	0,2912		0,0069	0,0065	0,2907	0,1664
T3+v1 / ermüdet	0,0181	0,0215	0,0060	0,0050	0,5984	0,1753	0,0104	0,0069		0,4118	0,0013	0,0244
T3+v2 / ermüdet	0,0284	0,0270	0,0117	0,0091	0,8177	0,3358	0,0246	0,0065	0,4118		0,0004	0,0029
T3+v3 / ermüdet	0,5318	0,4669	0,1744	0,1000	0,0886	0,2567	0,6133	0,2907	0,0013	0,0004		1,0000
T3+v4 / ermüdet	0,4905	0,4337	0,1412	0,0817	0,0846	0,3384	0,4199	0,1664	0,0244	0,0029	1,0000	

Tab. 51: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der männlichen Probanden auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / m angenehm	T1+v2 / m angenehm	T1+v3 / m angenehm	T1+v4 / m angenehm	T2+v1 / m angenehm	T2+v2 / m angenehm	T2+v3 / m angenehm	T2+v4 / m angenehm	T3+v1 / m angenehm	T3+v2 / m angenehm	T3+v3 / m angenehm	T3+v4 / m angenehm
T1+v1 / m angenehm		0,4634	0,0579	0,0006	0,8809	0,3734	0,0109	0,0010	0,9268	0,3410	0,0406	0,0001
T1+v2 / m angenehm	0,4634		0,1284	0,0019	0,7154	0,9142	0,0336	0,0016	0,6846	0,7112	0,0819	0,0007
T1+v3 / m angenehm	0,0579	0,1284		0,0010	0,1294	0,1814	0,1814	0,0028	0,0731	0,4806	0,9731	0,0013
T1+v4 / m angenehm	0,0006	0,0019	0,0010		0,0007	0,0004	0,0334	0,6070	0,0004	0,0113	0,0043	0,9517
T2+v1 / m angenehm	0,8809	0,7154	0,1294	0,0007		0,6870	0,0143	0,0041	0,8420	0,4581	0,0861	0,0003
T2+v2 / m angenehm	0,3734	0,9142	0,1814	0,0004	0,6870		0,0057	0,0014	0,4665	0,7829	0,0276	0,0001
T2+v3 / m angenehm	0,0109	0,0336	0,1814	0,0334	0,0143	0,0057		0,0343	0,0037	0,1194	0,2370	0,0055
T2+v4 / m angenehm	0,0010	0,0016	0,0028	0,6070	0,0041	0,0014	0,0343		0,0007	0,0118	0,0100	0,4073
T3+v1 / m angenehm	0,9268	0,6846	0,0731	0,0004	0,8420	0,4665	0,0037	0,0007		0,5461	0,0144	<0,0001
T3+v2 / m angenehm	0,3410	0,7112	0,4806	0,0113	0,4581	0,7829	0,1194	0,0118	0,5461		0,2761	0,0053
T3+v3 / m angenehm	0,0406	0,0819	0,9731	0,0043	0,0861	0,0276	0,2370	0,0100	0,0144	0,2761		0,0001
T3+v4 / m angenehm	0,0001	0,0007	0,0013	0,9517	0,0003	0,0001	0,0055	0,4073	<0,0001	0,0053	0,0001	

Tab. 52: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der weiblichen Probandinnen auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / w angenehm	T1+v2 / w angenehm	T1+v3 / w angenehm	T1+v4 / w angenehm	T2+v1 / w angenehm	T2+v2 / w angenehm	T2+v3 / w angenehm	T2+v4 / w angenehm	T3+v1 / w angenehm	T3+v2 / w angenehm	T3+v3 / w angenehm	T3+v4 / w angenehm
T1+v1 / w angenehm		1,0000	0,1559	0,0435	0,6818	0,7657	0,3626	0,0211	0,6802	0,8741	0,2122	0,0310
T1+v2 / w angenehm	1,0000		0,1254	0,0489	0,8039	0,6418	0,7111	0,0377	0,6876	0,9990	0,2156	0,0678
T1+v3 / w angenehm	0,1559	0,1254		0,1462	0,2512	0,2264	0,3016	0,1772	0,1076	0,1691	0,6687	0,2523
T1+v4 / w angenehm	0,0435	0,0489	0,1462		0,0412	0,0464	0,0537	0,9399	0,0562	0,0454	0,1136	0,6769
T2+v1 / w angenehm	0,6818	0,8039	0,2512	0,0412		0,6070	0,8113	0,0259	0,6101	0,8882	0,3087	0,0646
T2+v2 / w angenehm	0,7657	0,6418	0,2264	0,0464	0,6070		0,8267	0,0183	0,5874	1,0000	0,2962	0,0386
T2+v3 / w angenehm	0,3626	0,7111	0,3016	0,0537	0,8113	0,8267		0,0040	0,5955	0,8728	0,2488	0,0122
T2+v4 / w angenehm	0,0211	0,0377	0,1772	0,9399	0,0259	0,0183	0,0040		0,0584	0,0226	0,0815	0,4732
T3+v1 / w angenehm	0,6802	0,6876	0,1076	0,0562	0,6101	0,5874	0,5955	0,0584		0,7103	0,3664	0,1626
T3+v2 / w angenehm	0,8741	0,9990	0,1691	0,0454	0,8882	1,0000	0,8728	0,0226	0,7103		0,1798	0,0718
T3+v3 / w angenehm	0,2122	0,2156	0,6687	0,1136	0,3087	0,2962	0,2488	0,0815	0,3664	0,1798		0,1583
T3+v4 / w angenehm	0,0310	0,0678	0,2523	0,6769	0,0646	0,0386	0,0122	0,4732	0,1626	0,0718	0,1583	

Tab. 53: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der männlichen und weiblichen Proband\*innen auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,5778</b>	0,8077	0,3588	0,0064	0,6777	0,8880	0,0503	0,0047	0,6101	0,7360	0,2007	0,0025
T1+v2 / w	0,3353	<b>0,4374</b>	0,6864	0,0161	0,3651	0,5869	0,3246	0,0362	0,3427	0,3535	0,6014	0,0048
T1+v3 / w	0,0091	0,0114	<b>0,2472</b>	0,0949	0,0161	0,0193	0,8159	0,2788	0,0098	0,0090	0,3059	0,0701
T1+v4 / w	0,0012	0,0012	0,0460	<b>0,5379</b>	0,0020	0,0023	0,2180	0,9847	0,0009	0,0009	0,0459	0,4747
T2+v1 / w	0,2662	0,3539	0,7716	0,0159	<b>0,3413</b>	0,5407	0,2272	0,0236	0,3056	0,3290	0,5761	0,0074
T2+v2 / w	0,2699	0,3900	0,8023	0,0116	0,3442	<b>0,5319</b>	0,2614	0,0280	0,2885	0,3132	0,6578	0,0065
T2+v3 / w	0,1783	0,2046	0,7868	0,0085	0,2111	0,3658	<b>0,2859</b>	0,0189	0,1836	0,1913	0,6260	0,0021
T2+v4 / w	0,0010	0,0012	0,0303	0,8180	0,0020	0,0017	0,1534	<b>0,8025</b>	0,0012	0,0009	0,0377	0,7439
T3+v1 / w	0,8320	0,9379	0,4551	0,0143	0,9846	0,8158	0,1233	0,0248	<b>0,9234</b>	0,9692	0,3382	0,0137
T3+v2 / w	0,2069	0,2553	0,8167	0,0089	0,2299	0,4002	0,3152	0,0231	0,1819	<b>0,2146</b>	0,7572	0,0031
T3+v3 / w	0,0120	0,0127	0,3346	0,0917	0,0177	0,0249	0,8613	0,2308	0,0127	0,0112	<b>0,4045</b>	0,0435
T3+v4 / w	0,0022	0,0025	0,0737	0,5121	0,0047	0,0040	0,3118	0,8769	0,0036	0,0023	0,1165	<b>0,3956</b>

Tab. 54: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der männlichen Probanden auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / m schwierig	T1+v2 / m schwierig	T1+v3 / m schwierig	T1+v4 / m schwierig	T2+v1 / m schwierig	T2+v2 / m schwierig	T2+v3 / m schwierig	T2+v4 / m schwierig	T3+v1 / m schwierig	T3+v2 / m schwierig	T3+v3 / m schwierig	T3+v4 / m schwierig
T1+v1 / m schwierig		0,8459	0,0423	0,0005	0,1088	0,1611	0,8634	0,0151	0,0064	0,0598	0,8145	0,1342
T1+v2 / m schwierig	0,8459		0,0459	0,0004	0,1474	0,1723	1,0000	0,0360	0,0077	0,0229	0,5500	0,1153
T1+v3 / m schwierig	0,0423	0,0459		0,0026	0,0033	0,0007	0,0510	0,4854	0,0007	0,0005	0,0478	0,9824
T1+v4 / m schwierig	0,0005	0,0004	0,0026		0,0003	0,0001	0,0002	0,0455	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0187
T2+v1 / m schwierig	0,1088	0,1474	0,0033	0,0003		0,6134	0,0277	0,0005	0,0343	0,3772	0,3293	0,0015
T2+v2 / m schwierig	0,1611	0,1723	0,0007	0,0001	0,6134		0,0183	0,0001	0,0348	0,1215	0,2781	0,0003
T2+v3 / m schwierig	0,8634	1,0000	0,0510	0,0002	0,0277	0,0183		0,0007	0,0010	0,0036	0,4840	0,0552
T2+v4 / m schwierig	0,0151	0,0360	0,4854	0,0455	0,0005	0,0001	0,0007		0,0001	0,0001	0,0097	0,5094
T3+v1 / m schwierig	0,0064	0,0077	0,0007	<0,0001	0,0343	0,0348	0,0010	0,0001		0,1012	0,0131	0,0002
T3+v2 / m schwierig	0,0598	0,0229	0,0005	<0,0001	0,3772	0,1215	0,0036	0,0001	0,1012		0,0116	0,0001
T3+v3 / m schwierig	0,8145	0,5500	0,0478	0,0002	0,3293	0,2781	0,4840	0,0097	0,0131	0,0116		0,0002
T3+v4 / m schwierig	0,1342	0,1153	0,9824	0,0187	0,0015	0,0003	0,0552	0,5094	0,0002	0,0001	0,0002	



Tab. 55: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der weiblichen Probandinnen auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / w schwierig	T1+v2 / w schwierig	T1+v3 / w schwierig	T1+v4 / w schwierig	T2+v1 / w schwierig	T2+v2 / w schwierig	T2+v3 / w schwierig	T2+v4 / w schwierig	T3+v1 / w schwierig	T3+v2 / w schwierig	T3+v3 / w schwierig	T3+v4 / w schwierig
T1+v1 / w schwierig		0,6173	0,0223	0,0005	0,0144	0,1760	0,8446	0,0064	0,1599	0,2492	0,3102	0,0193
T1+v2 / w schwierig	0,6173		0,0161	0,0004	0,0029	0,0655	0,9888	0,0027	0,1383	0,1518	0,3392	0,0179
T1+v3 / w schwierig	0,0223	0,0161		0,0015	0,0007	0,0081	0,1417	0,1058	0,0121	0,0059	0,2625	0,3210
T1+v4 / w schwierig	0,0005	0,0004	0,0015		0,0004	0,0005	0,0016	0,3798	0,0008	0,0002	0,0008	0,0654
T2+v1 / w schwierig	0,0144	0,0029	0,0007	0,0004		0,5591	0,0572	0,0002	0,7120	0,4827	0,0027	0,0008
T2+v2 / w schwierig	0,1760	0,0655	0,0081	0,0005	0,5591		0,0867	0,0001	0,8757	0,7796	0,0448	0,0027
T2+v3 / w schwierig	0,8446	0,9888	0,1417	0,0016	0,0572	0,0867		0,0003	0,1101	0,2174	0,3625	0,0022
T2+v4 / w schwierig	0,0064	0,0027	0,1058	0,3798	0,0002	0,0001	0,0003		0,0008	0,0002	0,0021	0,3626
T3+v1 / w schwierig	0,1599	0,1383	0,0121	0,0008	0,7120	0,8757	0,1101	0,0008		0,4229	0,0081	0,0004
T3+v2 / w schwierig	0,2492	0,1518	0,0059	0,0002	0,4827	0,7796	0,2174	0,0002	0,4229		0,0029	0,0007
T3+v3 / w schwierig	0,3102	0,3392	0,2625	0,0008	0,0027	0,0448	0,3625	0,0021	0,0081	0,0029		0,0055
T3+v4 / w schwierig	0,0193	0,0179	0,3210	0,0654	0,0008	0,0027	0,0022	0,3626	0,0004	0,0007	0,0055	

Tab. 56: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der männlichen und weiblichen Proband\*innen auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,4333</b>	0,4427	0,0266	0,0003	0,5926	0,6600	0,5160	0,0152	0,1802	0,2752	0,9089	0,0278
T1+v2 / w	0,4337	<b>0,3987</b>	0,0197	0,0003	0,4108	0,5662	0,5159	0,0138	0,0415	0,2210	0,9391	0,0255
T1+v3 / w	0,6869	0,6056	<b>0,2597</b>	0,0068	0,0467	0,0553	0,6177	0,2131	0,0019	0,0082	0,2587	0,2362
T1+v4 / w	0,0139	0,0129	0,3369	<b>0,5392</b>	0,0005	0,0005	0,0085	0,4552	0,0001	0,0001	0,0034	0,2922
T2+v1 / w	0,0322	0,0504	0,0017	<0,0001	<b>0,6190</b>	0,4321	0,0447	0,0007	0,5863	0,9084	0,2076	0,0010
T2+v2 / w	0,0608	0,0671	0,0020	<0,0001	0,7023	<b>0,5792</b>	0,0689	0,0018	0,3884	0,8476	0,2439	0,0022
T2+v3 / w	0,4435	0,3099	0,0122	0,0004	0,4432	0,5789	<b>0,5019</b>	0,0126	0,0425	0,2074	0,8784	0,0207
T2+v4 / w	0,0302	0,0680	0,9540	0,1793	0,0013	0,0011	0,0213	<b>0,9847</b>	0,0001	0,0002	0,0138	0,7143
T3+v1 / w	0,0390	0,0460	0,0015	<0,0001	0,6593	0,4546	0,0513	0,0009	<b>0,5385</b>	0,8932	0,2005	0,0013
T3+v2 / w	0,0606	0,0911	0,0025	<0,0001	0,9695	0,7157	0,0810	0,0014	0,2796	<b>0,7583</b>	0,3578	0,0016
T3+v3 / w	0,9389	0,9389	0,0663	0,0008	0,1577	0,1684	1,0000	0,0510	0,0174	0,0330	<b>0,5533</b>	0,0665
T3+v4 / w	0,1696	0,1682	0,8781	0,0962	0,0068	0,0101	0,1222	0,7453	0,0005	0,0024	0,0497	<b>0,9543</b>

Tab. 57: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der männlichen Probanden auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“

	T1+v1 / m ermüdet	T1+v2 / m ermüdet	T1+v3 / m ermüdet	T1+v4 / m ermüdet	T2+v1 / m ermüdet	T2+v2 / m ermüdet	T2+v3 / m ermüdet	T2+v4 / m ermüdet	T3+v1 / m ermüdet	T3+v2 / m ermüdet	T3+v3 / m ermüdet	T3+v4 / m ermüdet
T1+v1 / m ermüdet		0,2868	0,0517	0,0054	0,0876	0,1929	0,8728	1,0000	0,0638	0,1260	0,4351	0,7432
T1+v2 / m ermüdet	0,2868		0,0909	0,0058	0,0662	0,0697	0,7406	0,8823	0,0406	0,0671	0,2554	0,5467
T1+v3 / m ermüdet	0,0517	0,0909		0,0909	0,0062	0,0277	0,4212	0,4800	0,0129	0,0221	0,0842	0,1967
T1+v4 / m ermüdet	0,0054	0,0058	0,0909		0,0020	0,0034	0,0718	0,1326	0,0032	0,0029	0,0115	0,0314
T2+v1 / m ermüdet	0,0876	0,0662	0,0062	0,0020		0,1907	0,0004	0,0007	0,7589	0,9239	0,3238	0,1135
T2+v2 / m ermüdet	0,1929	0,0697	0,0277	0,0034	0,1907		0,0015	0,0084	0,2302	0,5400	0,6080	0,3488
T2+v3 / m ermüdet	0,8728	0,7406	0,4212	0,0718	0,0004	0,0015		0,5969	0,0147	0,0457	0,2515	0,5441
T2+v4 / m ermüdet	1,0000	0,8823	0,4800	0,1326	0,0007	0,0084	0,5969		0,0297	0,0589	0,2518	0,5200
T3+v1 / m ermüdet	0,0638	0,0406	0,0129	0,0032	0,7589	0,2302	0,0147	0,0297		0,2308	0,0029	0,0107
T3+v2 / m ermüdet	0,1260	0,0671	0,0221	0,0029	0,9239	0,5400	0,0457	0,0589	0,2308		0,0117	0,0058
T3+v3 / m ermüdet	0,4351	0,2554	0,0842	0,0115	0,3238	0,6080	0,2515	0,2518	0,0029	0,0117		0,2374
T3+v4 / m ermüdet	0,7432	0,5467	0,1967	0,0314	0,1135	0,3488	0,5441	0,5200	0,0107	0,0058	0,2374	

Tab. 58: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der weiblichen Probandinnen auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“

	T1+v1 / w ermüdet	T1+v2 / w ermüdet	T1+v3 / w ermüdet	T1+v4 / w ermüdet	T2+v1 / w ermüdet	T2+v2 / w ermüdet	T2+v3 / w ermüdet	T2+v4 / w ermüdet	T3+v1 / w ermüdet	T3+v2 / w ermüdet	T3+v3 / w ermüdet	T3+v4 / w ermüdet
T1+v1 / w ermüdet		1,0000	0,7310	0,5802	0,3768	0,5690	0,8526	0,8897	0,1754	0,1668	0,9941	0,5475
T1+v2 / w ermüdet	1,0000		0,6140	0,7052	0,4650	0,6392	0,8526	0,7132	0,2990	0,2546	0,8843	0,6973
T1+v3 / w ermüdet	0,7310	0,6140		1,0000	0,2160	0,3869	0,5610	0,8595	0,1838	0,2115	0,8296	0,4030
T1+v4 / w ermüdet	0,5802	0,7052	1,0000		0,5503	0,5919	0,8168	0,8799	0,2576	0,3646	0,9824	0,7007
T2+v1 / w ermüdet	0,3768	0,4650	0,2160	0,5503		0,5642	0,1774	0,0903	0,7296	0,7062	0,2131	0,4515
T2+v2 / w ermüdet	0,5690	0,6392	0,3869	0,5919	0,5642		0,5322	0,3229	0,5050	0,5227	0,3014	0,8326
T2+v3 / w ermüdet	0,8526	0,8526	0,5610	0,8168	0,1774	0,5322		0,4932	0,2765	0,2976	0,5692	0,7354
T2+v4 / w ermüdet	0,8897	0,7132	0,8595	0,8799	0,0903	0,3229	0,4932		0,1164	0,0696	0,8521	0,1751
T3+v1 / w ermüdet	0,1754	0,2990	0,1838	0,2576	0,7296	0,5050	0,2765	0,1164		1,0000	0,0639	0,4495
T3+v2 / w ermüdet	0,1668	0,2546	0,2115	0,3646	0,7062	0,5227	0,2976	0,0696	1,0000		0,0506	0,2865
T3+v3 / w ermüdet	0,9941	0,8843	0,8296	0,9824	0,2131	0,3014	0,5692	0,8521	0,0639	0,0506		0,3333
T3+v4 / w ermüdet	0,5475	0,6973	0,4030	0,7007	0,4515	0,8326	0,7354	0,1751	0,4495	0,2865	0,3333	

Tab. 59: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der männlichen und weiblichen Proband\*innen auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,9389</b>	0,6600	0,4353	0,2224	0,0890	0,2517	0,9393	0,8636	0,0800	0,1973	0,7154	0,8191
T1+v2 / w	0,9694	<b>0,7015</b>	0,3907	0,2008	0,0967	0,2684	0,9848	0,9544	0,0714	0,1792	0,6859	0,8339
T1+v3 / w	0,7886	0,9847	<b>0,5674</b>	0,3504	0,0899	0,2069	0,8640	0,8787	0,0552	0,1239	0,4911	0,6612
T1+v4 / w	0,9085	0,6602	0,3506	<b>0,2017</b>	0,1470	0,3585	0,9393	0,9848	0,1200	0,2645	0,7595	0,9393
T2+v1 / w	0,8934	0,7886	0,3180	0,1686	<b>0,3579</b>	0,5014	0,6464	0,5394	0,2198	0,2983	0,8036	1,0000
T2+v2 / w	0,8936	0,7890	0,3891	0,1880	0,2435	<b>0,3892</b>	0,7599	0,7017	0,1562	0,2335	0,7886	0,8785
T2+v3 / w	0,7884	0,9847	0,4671	0,2752	0,1575	0,2683	<b>1,0000</b>	0,9391	0,0612	0,1121	0,4881	0,7023
T2+v4 / w	0,6321	0,8632	0,6328	0,4117	0,0731	0,1869	0,8341	<b>0,8789</b>	0,0389	0,0913	0,3683	0,5546
T3+v1 / w	0,5030	0,3383	0,1522	0,0730	0,5780	0,8633	0,4682	0,4911	<b>0,5029</b>	0,7014	0,7878	0,6195
T3+v2 / w	0,5914	0,4542	0,2072	0,0887	0,4205	0,6467	0,5535	0,5787	0,2921	<b>0,4321</b>	0,9232	0,8334
T3+v3 / w	0,6739	0,8934	0,7449	0,4803	0,1413	0,2356	0,8484	0,8785	0,0891	0,1400	<b>0,4650</b>	0,5928
T3+v4 / w	0,8637	1,0000	0,5934	0,3502	0,1688	0,3128	0,9848	0,9848	0,1222	0,1945	0,5524	<b>0,6891</b>

Tab. 60: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / uw angenehm	T1+v2 / uw angenehm	T1+v3 / uw angenehm	T1+v4 / uw angenehm	T2+v1 / uw angenehm	T2+v2 / uw angenehm	T2+v3 / uw angenehm	T2+v4 / uw angenehm	T3+v1 / uw angenehm	T3+v2 / uw angenehm	T3+v3 / uw angenehm	T3+v4 / uw angenehm
T1+v1 / uw angenehm		0,9031	0,0235	0,0002	0,9041	0,4746	0,0015	0,0001	0,4272	0,7538	0,0145	0,0001
T1+v2 / uw angenehm	0,9031		0,0041	0,0001	1,0000	0,5026	0,0154	0,0004	0,3787	0,8500	0,0152	<0,0001
T1+v3 / uw angenehm	0,0235	0,0041		0,0005	0,1355	0,0892	0,4183	0,0033	0,0182	0,0880	0,6863	0,0023
T1+v4 / uw angenehm	0,0002	0,0001	0,0005		0,0012	0,0005	0,0113	0,6160	0,0002	0,0001	0,0038	0,9004
T2+v1 / uw angenehm	0,9041	1,0000	0,1355	0,0012		0,6109	0,0215	0,0052	0,2168	0,8959	0,0723	0,0019
T2+v2 / uw angenehm	0,4746	0,5026	0,0892	0,0005	0,6109		0,0107	0,0009	0,2182	0,8062	0,0170	0,0001
T2+v3 / uw angenehm	0,0015	0,0154	0,4183	0,0113	0,0215	0,0107		0,0026	0,0022	0,0131	0,6935	0,0005
T2+v4 / uw angenehm	0,0001	0,0004	0,0033	0,6160	0,0052	0,0009	0,0026		0,0005	0,0005	0,0086	0,6883
T3+v1 / uw angenehm	0,4272	0,3787	0,0182	0,0002	0,2168	0,2182	0,0022	0,0005		0,1865	0,0031	0,0002
T3+v2 / uw angenehm	0,7538	0,8500	0,0880	0,0001	0,8959	0,8062	0,0131	0,0005	0,1865		0,0251	0,0002
T3+v3 / uw angenehm	0,0145	0,0152	0,6863	0,0038	0,0723	0,0170	0,6935	0,0086	0,0031	0,0251		0,0006
T3+v4 / uw angenehm	0,0001	<0,0001	0,0023	0,9004	0,0019	0,0001	0,0005	0,6883	0,0002	0,0002	0,0006	

Tab. 61: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / w angenehm	T1+v2 / w angenehm	T1+v3 / w angenehm	T1+v4 / w angenehm	T2+v1 / w angenehm	T2+v2 / w angenehm	T2+v3 / w angenehm	T2+v4 / w angenehm	T3+v1 / w angenehm	T3+v2 / w angenehm	T3+v3 / w angenehm	T3+v4 / w angenehm
T1+v1 / w angenehm		1,0000	0,5077	0,2671	0,6420	0,5814	0,9077	0,2125	0,9064	0,5049	0,4425	0,2296
T1+v2 / w angenehm	1,0000		0,5077	0,2671	0,6420	0,5814	0,9077	0,2125	0,9064	0,5049	0,4425	0,2296
T1+v3 / w angenehm	0,5077	0,5077		0,2437	0,2558	0,4864	0,4729	0,3489	0,3852	0,8791	0,3879	0,2403
T1+v4 / w angenehm	0,2671	0,2671	0,2437		0,0877	0,2093	0,1751	0,6308	0,3801	0,5039	0,1735	1,0000
T2+v1 / w angenehm	0,6420	0,6420	0,2558	0,0877		1,0000	1,0000	0,0448	0,7432	0,4769	0,7576	0,0487
T2+v2 / w angenehm	0,5814	0,5814	0,4864	0,2093	1,0000		0,6308	0,0853	1,0000	0,5659	0,6725	0,1318
T2+v3 / w angenehm	0,9077	0,9077	0,4729	0,1751	1,0000	0,6308		0,0584	0,8915	0,5564	0,6615	0,0994
T2+v4 / w angenehm	0,2125	0,2125	0,3489	0,6308	0,0448	0,0853	0,0584		0,3567	0,4786	0,1008	0,7846
T3+v1 / w angenehm	0,9064	0,9064	0,3852	0,3801	0,7432	1,0000	0,8915	0,3567		0,9380	1,0000	0,4241
T3+v2 / w angenehm	0,5049	0,5049	0,8791	0,5039	0,4769	0,5659	0,5564	0,4786	0,9380		1,0000	0,6647
T3+v3 / w angenehm	0,4425	0,4425	0,3879	0,1735	0,7576	0,6725	0,6615	0,1008	1,0000	1,0000		0,1891
T3+v4 / w angenehm	0,2296	0,2296	0,2403	1,0000	0,0487	0,1318	0,0994	0,7846	0,4241	0,6647	0,1891	

Tab. 62: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie angenehm empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,6913</b>	0,7115	0,3909	0,0230	0,7292	0,9826	0,1403	0,0191	0,4268	0,9138	0,2662	0,0164
T1+v2 / w	0,1225	<b>0,1613</b>	0,8639	0,1004	0,1758	0,2712	0,8279	0,1683	0,0953	0,2284	0,8980	0,1050
T1+v3 / w	0,0091	0,0072	<b>0,2066</b>	0,2852	0,0261	0,0196	0,2897	0,5599	0,0053	0,0143	0,2931	0,4166
T1+v4 / w	0,0052	0,0072	0,0918	<b>0,9659</b>	0,0146	0,0143	0,1801	0,9147	0,0049	0,0122	0,1793	0,9490
T2+v1 / w	0,2023	0,1994	0,8304	0,0200	<b>0,2716</b>	0,4087	0,5019	0,0354	0,1070	0,3308	0,5924	0,0225
T2+v2 / w	0,1751	0,2266	0,9314	0,0423	0,2900	<b>0,3625</b>	0,5261	0,0721	0,1455	0,3203	0,6682	0,0424
T2+v3 / w	0,4436	0,4609	0,7652	0,0629	0,5331	0,6814	<b>0,4510</b>	0,0768	0,2831	0,5908	0,5654	0,0583
T2+v4 / w	0,0046	0,0055	0,0391	0,6532	0,0113	0,0087	0,0615	<b>0,4420</b>	0,0038	0,0069	0,0677	0,5796
T3+v1 / w	0,2885	0,3127	0,9320	0,1526	0,3801	0,4393	0,7628	0,2141	<b>0,1858</b>	0,3685	0,9153	0,1603
T3+v2 / w	0,3052	0,3095	0,7322	0,0169	0,3672	0,5448	0,4621	0,0355	0,1704	<b>0,4384</b>	0,5210	0,0214
T3+v3 / w	0,0190	0,0287	0,5050	0,0632	0,0392	0,0700	0,7098	0,2038	0,0168	0,0525	<b>0,8464</b>	0,0926
T3+v4 / w	0,0052	0,0055	0,0522	0,9484	0,0161	0,0086	0,0811	0,5771	0,0043	0,0068	0,0811	<b>0,7642</b>



Tab. 63: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / uw schwierig	T1+v2 / uw schwierig	T1+v3 / uw schwierig	T1+v4 / uw schwierig	T2+v1 / uw schwierig	T2+v2 / uw schwierig	T2+v3 / uw schwierig	T2+v4 / uw schwierig	T3+v1 / uw schwierig	T3+v2 / uw schwierig	T3+v3 / uw schwierig	T3+v4 / uw schwierig
T1+v1 / uw schwierig		0,9260	0,0143	0,0001	0,0474	0,0586	0,6336	0,0014	0,0044	0,0654	0,7380	0,0568
T1+v2 / uw schwierig	0,9260		0,0046	0,0001	0,0920	0,1015	0,7721	0,0009	0,0046	0,0222	0,8075	0,0321
T1+v3 / uw schwierig	0,0143	0,0046		<0,0001	0,0009	0,0001	0,0262	0,0228	0,0003	0,0003	0,0398	0,5689
T1+v4 / uw schwierig	0,0001	0,0001	<0,0001		0,0001	<0,0001	0,0001	0,0167	<0,0001	<0,0001	0,0001	0,0004
T2+v1 / uw schwierig	0,0474	0,0920	0,0009	0,0001		0,8417	0,0140	0,0001	0,1050	0,7192	0,0620	0,0008
T2+v2 / uw schwierig	0,0586	0,1015	0,0001	<0,0001	0,8417		0,0102	0,0001	0,2027	0,4778	0,1161	0,0006
T2+v3 / uw schwierig	0,6336	0,7721	0,0262	0,0001	0,0140	0,0102		0,0001	0,0012	0,0086	0,8274	0,0083
T2+v4 / uw schwierig	0,0014	0,0009	0,0228	0,0167	0,0001	0,0001	0,0001		<0,0001	0,0001	0,0009	0,1524
T3+v1 / uw schwierig	0,0044	0,0046	0,0003	<0,0001	0,1050	0,2027	0,0012	<0,0001		0,1324	0,0028	0,0001
T3+v2 / uw schwierig	0,0654	0,0222	0,0003	<0,0001	0,7192	0,4778	0,0086	0,0001	0,1324		0,0042	0,0001
T3+v3 / uw schwierig	0,7380	0,8075	0,0398	0,0001	0,0620	0,1161	0,8274	0,0009	0,0028	0,0042		0,0001
T3+v4 / uw schwierig	0,0568	0,0321	0,5689	0,0004	0,0008	0,0006	0,0083	0,1524	0,0001	0,0001	0,0001	

Tab. 64: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / w schwierig	T1+v2 / w schwierig	T1+v3 / w schwierig	T1+v4 / w schwierig	T2+v1 / w schwierig	T2+v2 / w schwierig	T2+v3 / w schwierig	T2+v4 / w schwierig	T3+v1 / w schwierig	T3+v2 / w schwierig	T3+v3 / w schwierig	T3+v4 / w schwierig
T1+v1 / w schwierig		1,0000	0,0838	0,0292	0,1077	0,6615	0,9766	0,1930	0,3333	0,3307	0,8450	0,0543
T1+v2 / w schwierig	1,0000		0,0838	0,0292	0,1077	0,6615	0,9766	0,1930	0,3333	0,3307	0,8450	0,0543
T1+v3 / w schwierig	0,0838	0,0838		0,2093	0,0175	0,0682	0,2713	0,8246	0,0584	0,0428	0,1440	0,8605
T1+v4 / w schwierig	0,0292	0,0292	0,2093		0,0195	0,0331	0,0584	0,4419	0,0253	0,0233	0,0292	0,7588
T2+v1 / w schwierig	0,1077	0,1077	0,0175	0,0195		0,3463	0,1751	0,0058	0,7209	0,8295	0,0117	0,0058
T2+v2 / w schwierig	0,6615	0,6615	0,0682	0,0331	0,3463		0,2296	0,0058	0,4581	0,6420	0,0909	0,0097
T2+v3 / w schwierig	0,9766	0,9766	0,2713	0,0584	0,1751	0,2296		0,0137	0,1362	0,1938	0,7043	0,0462
T2+v4 / w schwierig	0,1930	0,1930	0,8246	0,4419	0,0058	0,0058	0,0137		0,0175	0,0117	0,0331	0,8462
T3+v1 / w schwierig	0,3333	0,3333	0,0584	0,0253	0,7209	0,4581	0,1362	0,0175		0,6109	0,0643	0,0117
T3+v2 / w schwierig	0,3307	0,3307	0,0428	0,0233	0,8295	0,6420	0,1938	0,0117	0,6109		0,0117	0,0117
T3+v3 / w schwierig	0,8450	0,8450	0,1440	0,0292	0,0117	0,0909	0,7043	0,0331	0,0643	0,0117		0,0175
T3+v4 / w schwierig	0,0543	0,0543	0,8605	0,7588	0,0058	0,0097	0,0462	0,8462	0,0117	0,0117	0,0175	

Tab. 65: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?“

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,3730</b>	0,3071	0,7827	0,0299	0,0533	0,0380	0,3490	0,1645	0,0122	0,0184	0,3085	0,5660
T1+v2 / w	0,1885	<b>0,1202</b>	0,9321	0,0968	0,0133	0,0141	0,1260	0,5342	0,0034	0,0085	0,1202	0,8817
T1+v3 / w	0,0189	0,0133	<b>0,1682</b>	0,8815	0,0022	0,0019	0,0169	0,4960	0,0005	0,0010	0,0158	0,2609
T1+v4 / w	0,0018	0,0011	0,0123	<b>0,2167</b>	0,0003	0,0002	0,0012	0,0482	0,0001	0,0002	0,0011	0,0234
T2+v1 / w	0,3935	0,6377	0,0430	0,0002	<b>0,5242</b>	0,5520	0,6389	0,0060	0,1713	0,3142	0,8148	0,0406
T2+v2 / w	0,9492	0,7986	0,2338	0,0022	0,2034	<b>0,1677</b>	0,8985	0,0288	0,0359	0,0707	0,7499	0,1885
T2+v3 / w	0,2981	0,2784	0,7179	0,0181	0,0334	0,0205	<b>0,3711</b>	0,1146	0,0028	0,0085	0,3078	0,5383
T2+v4 / w	0,0048	0,0027	0,0646	0,9830	0,0006	0,0004	0,0046	<b>0,3491</b>	0,0001	0,0001	0,0042	0,1265
T3+v1 / w	0,5105	0,5800	0,0513	0,0006	0,5376	0,5665	0,5812	0,0095	<b>0,1354</b>	0,3826	0,7029	0,0507
T3+v2 / w	0,9150	0,8816	0,1402	0,0007	0,2429	0,2078	0,9660	0,0167	0,0390	<b>0,0800</b>	0,8813	0,1317
T3+v3 / w	0,1592	0,0889	0,9660	0,0252	0,0156	0,0084	0,1613	0,2244	0,0018	0,0014	<b>0,1319</b>	0,8649
T3+v4 / w	0,0011	0,0009	0,0303	0,7651	0,0001	0,0001	0,0015	0,2657	<0,0001	<0,0001	0,0017	<b>0,0857</b>

Tab. 66: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“

	T1+v1 / uw ermüdet	T1+v2 / uw ermüdet	T1+v3 / uw ermüdet	T1+v4 / uw ermüdet	T2+v1 / uw ermüdet	T2+v2 / uw ermüdet	T2+v3 / uw ermüdet	T2+v4 / uw ermüdet	T3+v1 / uw ermüdet	T3+v2 / uw ermüdet	T3+v3 / uw ermüdet	T3+v4 / uw ermüdet
T1+v1 / uw ermüdet		0,5642	0,0416	0,0207	0,1781	0,2365	0,9620	0,8210	0,0502	0,0632	0,4089	0,5081
T1+v2 / uw ermüdet	0,5642		0,0205	0,0209	0,1030	0,1468	0,8610	0,8995	0,0511	0,0591	0,3545	0,4216
T1+v3 / uw ermüdet	0,0416	0,0205		0,3846	0,0110	0,0404	0,4451	0,4863	0,0093	0,0099	0,0735	0,0990
T1+v4 / uw ermüdet	0,0207	0,0209	0,3846		0,0120	0,0106	0,1700	0,3561	0,0071	0,0082	0,0332	0,0444
T2+v1 / uw ermüdet	0,1781	0,1030	0,0110	0,0120		0,2928	0,0018	0,0046	0,4731	0,5670	0,4916	0,3342
T2+v2 / uw ermüdet	0,2365	0,1468	0,0404	0,0106	0,2928		0,0073	0,0313	0,1916	0,3743	0,7999	0,5892
T2+v3 / uw ermüdet	0,9620	0,8610	0,4451	0,1700	0,0018	0,0073		0,5356	0,0151	0,0219	0,2025	0,3184
T2+v4 / uw ermüdet	0,8210	0,8995	0,4863	0,3561	0,0046	0,0313	0,5356		0,0134	0,0156	0,1845	0,2077
T3+v1 / uw ermüdet	0,0502	0,0511	0,0093	0,0071	0,4731	0,1916	0,0151	0,0134		0,7817	0,0209	0,0581
T3+v2 / uw ermüdet	0,0632	0,0591	0,0099	0,0082	0,5670	0,3743	0,0219	0,0156	0,7817		0,0112	0,0140
T3+v3 / uw ermüdet	0,4089	0,3545	0,0735	0,0332	0,4916	0,7999	0,2025	0,1845	0,0209	0,0112		0,7817
T3+v4 / uw ermüdet	0,5081	0,4216	0,0990	0,0444	0,3342	0,5892	0,3184	0,2077	0,0581	0,0140	0,7817	

Tab. 67: p-Werte des paarweisen Wilcoxon-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“

	T1+v1 / w ermüdet	T1+v2 / w ermüdet	T1+v3 / w ermüdet	T1+v4 / w ermüdet	T2+v1 / w ermüdet	T2+v2 / w ermüdet	T2+v3 / w ermüdet	T2+v4 / w ermüdet	T3+v1 / w ermüdet	T3+v2 / w ermüdet	T3+v3 / w ermüdet	T3+v4 / w ermüdet
T1+v1 / w ermüdet		1,0000	1,0000	0,4884	0,2865	0,5253	0,8295	0,9922	0,1628	0,3798	1,0000	0,7276
T1+v2 / w ermüdet	1,0000		1,0000	0,4884	0,2865	0,5253	0,8295	0,9922	0,1628	0,3798	1,0000	0,7276
T1+v3 / w ermüdet	1,0000	1,0000		0,7576	0,2840	0,4113	0,5984	0,8988	0,3333	0,4553	1,0000	0,8288
T1+v4 / w ermüdet	0,4884	0,4884	0,7576		0,5331	0,6031	0,6744	0,8051	0,2529	0,3606	1,0000	0,8285
T2+v1 / w ermüdet	0,2865	0,2865	0,2840	0,5331		0,3333	0,1163	0,0506	0,6265	0,4729	0,0643	0,0799
T2+v2 / w ermüdet	0,5253	0,5253	0,4113	0,6031	0,3333		0,5385	0,1163	0,9415	1,0000	0,1163	0,2593
T2+v3 / w ermüdet	0,8295	0,8295	0,5984	0,6744	0,1163	0,5385		0,5385	0,4241	0,6589	0,5294	0,8154
T2+v4 / w ermüdet	0,9922	0,9922	0,8988	0,8051	0,0506	0,1163	0,5385		0,3178	0,2296	0,9380	1,0000
T3+v1 / w ermüdet	0,1628	0,1628	0,3333	0,2529	0,6265	0,9415	0,4241	0,3178		0,5758	0,0233	0,2923
T3+v2 / w ermüdet	0,3798	0,3798	0,4553	0,3606	0,4729	1,0000	0,6589	0,2296	0,5758		0,0909	0,2727
T3+v3 / w ermüdet	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0643	0,1163	0,5294	0,9380	0,0233	0,0909		1,0000
T3+v4 / w ermüdet	0,7276	0,7276	0,8288	0,8285	0,0799	0,2593	0,8154	1,0000	0,2923	0,2727	1,0000	

Tab. 68: p-Werte des paarweisen Mann-Whitney-U-Vergleiches für die Antworten der Proband\*innen ohne und mit CMD-Wahrscheinlichkeit auf die Frage „Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer an?“

	T1+v1 / m	T1+v2 / m	T1+v3 / m	T1+v4 / m	T2+v1 / m	T2+v2 / m	T2+v3 / m	T2+v4 / m	T3+v1 / m	T3+v2 / m	T3+v3 / m	T3+v4 / m
T1+v1 / w	<b>0,0775</b>	0,1405	0,4327	0,4551	0,0509	0,0589	0,2350	0,2123	0,0075	0,0094	0,0616	0,1216
T1+v2 / w	0,0893	<b>0,1422</b>	0,4330	0,3823	0,0616	0,0616	0,2530	0,2627	0,0075	0,0108	0,0571	0,1219
T1+v3 / w	0,1276	0,1496	<b>0,3742</b>	0,3083	0,0733	0,0676	0,2444	0,3003	0,0176	0,0208	0,0579	0,1169
T1+v4 / w	0,2197	0,2281	0,4103	<b>0,4095</b>	0,0608	0,0782	0,2539	0,3207	0,0340	0,0418	0,0934	0,1226
T2+v1 / w	0,6097	0,6872	0,8823	0,8651	<b>0,1606</b>	0,2514	0,7354	0,8491	0,0745	0,1062	0,3183	0,3857
T2+v2 / w	0,4835	0,5249	0,8489	0,9325	0,0809	<b>0,1371</b>	0,5258	0,6114	0,0531	0,0740	0,2339	0,2270
T2+v3 / w	0,1314	0,1942	0,5249	0,5095	0,0480	0,0533	<b>0,3194</b>	0,3630	0,0085	0,0101	0,0690	0,1071
T2+v4 / w	0,0813	0,1115	0,3407	0,3279	0,0286	0,0319	0,1971	<b>0,2450</b>	0,0055	0,0061	0,0369	0,0597
T3+v1 / w	0,6247	0,7662	0,8491	0,7662	0,2015	0,3079	0,7833	0,8324	<b>0,1110</b>	0,1365	0,4056	0,4721
T3+v2 / w	0,3289	0,4079	0,7831	0,7826	0,1147	0,1366	0,5253	0,5965	0,0415	<b>0,0480</b>	0,1790	0,2355
T3+v3 / w	0,0568	0,0647	0,1623	0,1889	0,0152	0,0185	0,0985	0,1220	0,0091	0,0071	<b>0,0250</b>	0,0325
T3+v4 / w	0,0898	0,1027	0,2453	0,2702	0,0283	0,0322	0,1502	0,1901	0,0117	0,0109	0,0368	<b>0,0543</b>



## 12.3 Messprotokoll

### **Klinische Studie zu den Effekten bestimmter computergestützter Übungsabläufe auf die Trainierbarkeit kraniomandibulärer Bewegungsabläufe**

Probandennummer:

\_\_\_\_\_

## 1. Termin

---

Untersucher:

Datum, Uhrzeit:

**CMD Kurzbefund nach Prof. Jakstat und PD. Dr. Ahlers**

- Mundöffnung asymmetrisch
- Mundöffnung eingeschränkt
- Gelenkgeräusche
- Okklusale Geräusche
- Muskelpalpation schmerzhaft
- Exzentrik traumatisch

CMD  **unwahrscheinlich ( $\leq 1$ )**

**wahrscheinlich ( $\geq 2$ )**

**Fragebogen**

*Sind Sie Links- oder Rechtshänder?*

- links       rechts       weiß nicht

*Ist Ihnen bewusst, ob Sie auf einer Seite bevorzugt Kauen?*

- weiß nicht     ja, links     ja, rechts  
 nein, keine bevorzugte Kauseite

*Bestand schon einmal Behandlungsbedarf wegen Ihres Kiefergelenkes?*

- nein       ja, \_\_\_\_\_

*Tragen Sie regelmäßig eine Aufbisschiene?*

- ja       nein       ich besitze eine, trage diese aber nicht

*Ist Ihre jetzige Lebenssituation durch Stress belastet?*



gar nicht

sehr stark

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wodurch entsteht der Stress am meisten?

- Arbeit/Studium       privat  
 \_\_\_\_\_

Wie hoch schätzen Sie ihre Arbeitsintensität pro Tag im Verlauf der letzten Woche?

- 4 Stunden     8 Stunden     > 8 Stunden     > 12 Stunden

Worauf legen Sie bei der Ernährung besonderen Wert?

- gesund     schnell     günstig     leicht zuzubereiten

Wenn Sie mit anderen gemeinsam essen, sind Sie schnell oder langsam fertig?

- schnell     einer der Letzten     weiß nicht  
 so schnell wie die meistens anderen

Was essen Sie am liebsten?

- vorwiegend omnivor       vorwiegend vegetarisch  
 vorwiegend vegan

Wie oft essen Sie:

	gar nicht	selten	manchmal	häufiger	sehr oft
Salat (z.B. Blattsalat, Rohkost)					
Hartes Gemüse (Karotten, Kohlrabi)					
Ganze große Früchte (Apfel, Birne, Pfirsich, ...)					
Nüsse					
Backwaren zum Abbeißen (Brötchen, Baguette, ...)					
Faseriges Fleisch (Schwein oder Rind)					
Geflügel gebraten / gegrillt					
Weiche Süßigkeiten (z.B. Weingummi)					





Kaugummi					
----------	--	--	--	--	--

**Diagnostikprogramm mit Winjaw**

- Artikulormessung
- Funktionsmessung

**SNAKE**

**Zwischenstopps**

- frei gewählt (re/li)
- Gegenrichtung (re/li)

**Zielscheibe Geschwindigkeit 1, 2 Runden**

- freigestellt, welche Richtung der Proband wählt (re/li)

**Zwischenfragen**

*Wie fühlen Sie sich?*

*Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zielscheibe Geschwindigkeit 2, 2 Runden**

- gleiche Richtung wie Geschwindigkeit 1

**Zwischenfragen**

*Wie fühlen Sie sich?*

*Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?*



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zielscheibe Geschwindigkeit 3, 2 Runden**

gleiche Richtung wie Geschwindigkeit 1

**Zwischenfragen**

Wie fühlen Sie sich?

Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zielscheibe Geschwindigkeit 4, 2 Runden**

gleiche Richtung wie Geschwindigkeit 1

**Abschlussfragen**

Wie fühlen Sie sich?

Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Lieblingsgeschwindigkeit?

Wertung der anderen Geschwindigkeiten soll bleiben?

## 2. Termin

---

Untersucher:

Datum, Uhrzeit:

Fragebogen

*Ist Ihre jetzige Lebenssituation durch Stress belastet?*

gar nicht

sehr stark

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wodurch entsteht der Stress am meisten?*

Arbeit/Studium

privat

\_\_\_\_\_

*Haben Sie in der vergangenen Woche geknirscht oder gepresst?*

ja  nein, nicht bemerkt

\_\_\_\_\_

Haben Sie seit dem letzten Training ein anderes Verhalten bei sich selbst bemerkt?  
(Gefühl, den Kiefer flüssiger zu bewegen? Trockenübungen? ...)

---

---

SNAKE



**Zwischenstopps**

- frei gewählt (re/li)
- Gegenrichtung (re/li)

**Zielscheibe Geschwindigkeit 1, 2 Runden**

- gleiche Richtung wie Termin 1 (re/li)

**Zwischenfragen**

*Wie fühlen Sie sich?*

*Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zielscheibe Geschwindigkeit 2, 2 Runden**

- gleiche Richtung wie Geschwindigkeit 1

**Zwischenfragen**

*Wie fühlen Sie sich?*

*Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?*



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zielscheibe Geschwindigkeit 3, 2 Runden**

gleiche Richtung wie Geschwindigkeit 1

**Zwischenfragen**

*Wie fühlen Sie sich?*

*Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zielscheibe Geschwindigkeit 4, 2 Runden**

gleiche Richtung wie Geschwindigkeit 1

**Abschlussfragen**

*Wie fühlen Sie sich?*

*Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



Lieblingsgeschwindigkeit?

Soll die Wertung der anderen Geschwindigkeiten verändert werden?

### 3. Termin

---

Untersucher:

Datum, Uhrzeit:

#### Fragebogen

*Ist Ihre jetzige Lebenssituation durch Stress belastet?*

gar nicht

sehr stark

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wodurch entsteht der Stress am meisten?*

Arbeit/Studium

privat

\_\_\_\_\_

*Haben Sie in der vergangenen Woche geknirscht oder gepresst?*

ja

nein, nicht bemerkt

\_\_\_\_\_

Haben Sie seit dem letzten Training ein anderes Verhalten bei sich selbst bemerkt?  
(Gefühl, den Kiefer flüssiger zu bewegen? Trockenübungen? ...)

---

---

#### SNAKE

#### Zwischenstopps

frei gewählt (re/li)

Gegenrichtung (re/li)

#### Zielscheibe Geschwindigkeit 1, 2 Runden



gleiche Richtung wie Termin 1 (re/li)

**Zwischenfragen**

*Wie fühlen Sie sich?*

*Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zielscheibe Geschwindigkeit 2, 2 Runden**

gleiche Richtung wie Geschwindigkeit 1

**Zwischenfragen**

*Wie fühlen Sie sich?*

*Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

*Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?*

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zielscheibe Geschwindigkeit 3, 2 Runden**

gleiche Richtung wie Geschwindigkeit 1

**Zwischenfragen**



Wie fühlen Sie sich?

Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zielscheibe Geschwindigkeit 4, 2 Runden**

gleiche Richtung wie Geschwindigkeit 1

**Abschlussfragen**

Wie fühlen Sie sich?

Wie angenehm empfanden Sie die Geschwindigkeit?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie schwierig empfanden Sie diese Runden?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wie ermüdet fühlt sich Ihr Kiefer nach dieser Übung an?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Lieblingsgeschwindigkeit?

Soll die Wertung der anderen Geschwindigkeiten verändert werden?

**Diagnostikprogramm mit Winjaw**

Artikulormessung

Funktionsmessung





**Abschlussgespräch**

*Ist Ihnen etwas Besonderes während der Übungen aufgefallen? (Schwierigkeiten, Herausforderungen, Anmerkungen o.ä.?)*

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät, keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

Datum

Unterschrift

# Lebenslauf

## Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. med. dent. Bernd Kordaß für die Möglichkeit dieser Dissertation bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Dr. rer. med. Sebastian Ruge für seine außerordentliche Unterstützung während unserer Zusammenarbeit. Sein offenes Ohr für Fragen, seine konstruktive Kritik und zahlreichen Hilfestellungen haben diese Arbeit überhaupt erst ermöglicht.

Bedanken möchte ich mich auch bei Schwester Julia der Abteilung für digitale Zahnmedizin für ihre Hilfestellung in den Messräumlichkeiten.

Ich danke meinen freiwilligen Proband\*innen, ohne welche diese Studie nicht realisierbar gewesen wäre.

Zuletzt möchte ich meiner Familie und meinem besten Freund herzlichst für die fortwährende Unterstützung in allen Lebenslagen sowie den motivierenden Rückhalt danken.