

**Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische
und Wiederherstellungschirurgie (Chirurgische Klinik II)
der Universität Würzburg
Direktor: Univ.- Prof. Dr. R. Meffert**

Funktionstests zur Detektion von chronischen Sprunggelenkinstabilitäten

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Anna Woidich

aus Neustadt an der Aisch

Würzburg, November 2018

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. Rainer Meffert

Korreferentin: Univ.-Prof. Dr. med. Boris Holzapfel

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 13.01.2020

Die Promovendin ist Ärztin

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung.....	1
1.1	Einführung	1
1.2	Anatomie des Sprunggelenks.....	7
1.2.1	Das Sprunggelenk als funktionelle Einheit	8
1.2.2	Der Kapselbandapparat des Sprunggelenks	10
1.3	Sprunggelenkverletzungen.....	11
1.4	Sprunggelenkinstabilitäten.....	13
1.4.1	Die mechanische Instabilität des Sprunggelenks.....	14
1.4.2	Die funktionelle Instabilität des Sprunggelenks	14
1.5	Säulen der Fitness	15
1.6	Zielsetzung und Fragestellung	17
2	Material und Methoden	18
2.1	Rahmenbedingungen	18
2.2	Studienteilnehmer	18
2.3	Diagnostik.....	18
2.3.1	Fragebögen	19
2.3.2	EMG und Videoanalyse	22
2.3.3	MFT Challenge Disk	22
2.3.4	Optojump Next	23
2.3.5	Speedcourt	24
2.4	Beschreibung des konkreten Testablaufs vor Ort	26
2.4.1	EMG und Videoanalyse	26
2.4.2	Spezifisches Warmup	27
2.4.3	MFT Challenge Disc	28
2.4.4	Side Hop	30

2.4.5	Speedcourt L- Speed (Lateral).....	31
2.4.6	Speedcourt M- Speed (MultiDirectional).....	33
2.5	Statistik	35
3	Ergebnisse	36
3.1	Deskriptive Beschreibung der Studienteilnehmer	36
3.2	EMG und Videoanalyse.....	38
3.3	Auswertung der Fragebögen.....	39
3.3.1	Fragebogen 1: Subjektive Evaluation von Schmerz, Stabilität unter sportlicher Belastung.....	39
3.3.2	Fragebogen 2: Fragebogen zur sportlichen Aktivität	40
3.3.3	Fragebogen 3: Visual Analog Skala Fuß und Sprunggelenk (VAS FA)..	41
3.3.4	Fragebogen 4: Untersuchungsbogen	42
3.3.5	Fragebogen 5: American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score	42
3.4	Ergebnisse zur Testung MFT Challenge Disc	44
3.4.1	Erläuterung Boxplot	44
3.4.2	Untersuchung auf Normalverteilung	45
3.4.3	Übersicht der Ergebnisse der MFT Challenge Disc	46
3.5	Ergebnisse zur Testung „Side-Hop“	53
3.5.1	Untersuchung auf Normalverteilung	53
3.5.2	Übersicht der Ergebnisse des „Side-Hop“	54
3.5.3	Analyse der Flugzeiten der Testung „Side-Hop“	56
3.5.4	Analyse der Kontaktzeiten der Testung „Side-Hop“	59
3.5.5	Analyse der Gesamtzeit der Testung „Side-Hop“	61
3.6	Ergebnisse zur Testung „Speedcourt Lateral-Speed“	65
3.6.1	Untersuchung auf Normalverteilung	65

3.6.2	Deskriptive Statistik im Überblick	66
3.6.3	Analyse der Wendezeit	67
3.6.4	Analyse der Gesamtzeit	72
3.7	Ergebnisse zur Testung „Speedcourt Multidirectional-Speed“	73
3.7.1	Untersuchung auf Normalverteilung	73
3.7.2	Analyse der Wendezeit	73
3.7.3	Analyse der Gesamtzeit	77
4	Diskussion	79
5	Zusammenfassung	89
6	Literaturverzeichnis	91
	Abbildungsverzeichnis	97
	Tabellenverzeichnis	100
	Abkürzungsverzeichnis	102
	Danksagung	
	Anhang	
	Lebenslauf	

1 Einleitung und Zielsetzung

1.1 Einführung

Eine bewusste Lebensweise beinhaltet neben einer gesunden und ausgewogenen Ernährung ebenso ein gewisses Maß an sportlicher Aktivität. Abhängig von der Art und Intensität der körperlichen Belastung ist mit einer entsprechenden Bewegung auch häufig ein mehr oder weniger gravierendes Verletzungsrisiko verbunden.

Das Sprunggelenk stellt das sowohl im Sportbereich als auch im Freizeitbereich am häufigsten von Verletzungen betroffene Gelenk dar (Gläser, et al., 2000).

Die hohe Belastung basiert insbesondere auf der Entwicklung des aufrechten Ganges. Durch diese evolutionäre Entwicklung gelangt das gesamte Körpergewicht auf das Sprunggelenk, welches sich beim Laufen oder Springen sogar noch deutlich erhöht. Erst durch die besondere Beschaffenheit des Sprunggelenkes wird der aufrechte Gang möglich (Rossetto, 2005).

Aufgrund der hohen Belastung auf das Sprunggelenk kommt es hier häufig zu Verletzungen sowie, teilweise durch diese ausgelöst, zu Instabilitäten. Abbildung 1 zeigt die Häufigkeit von Verletzungen im Rahmen von Sportunfällen, differenziert nach Körperregionen.

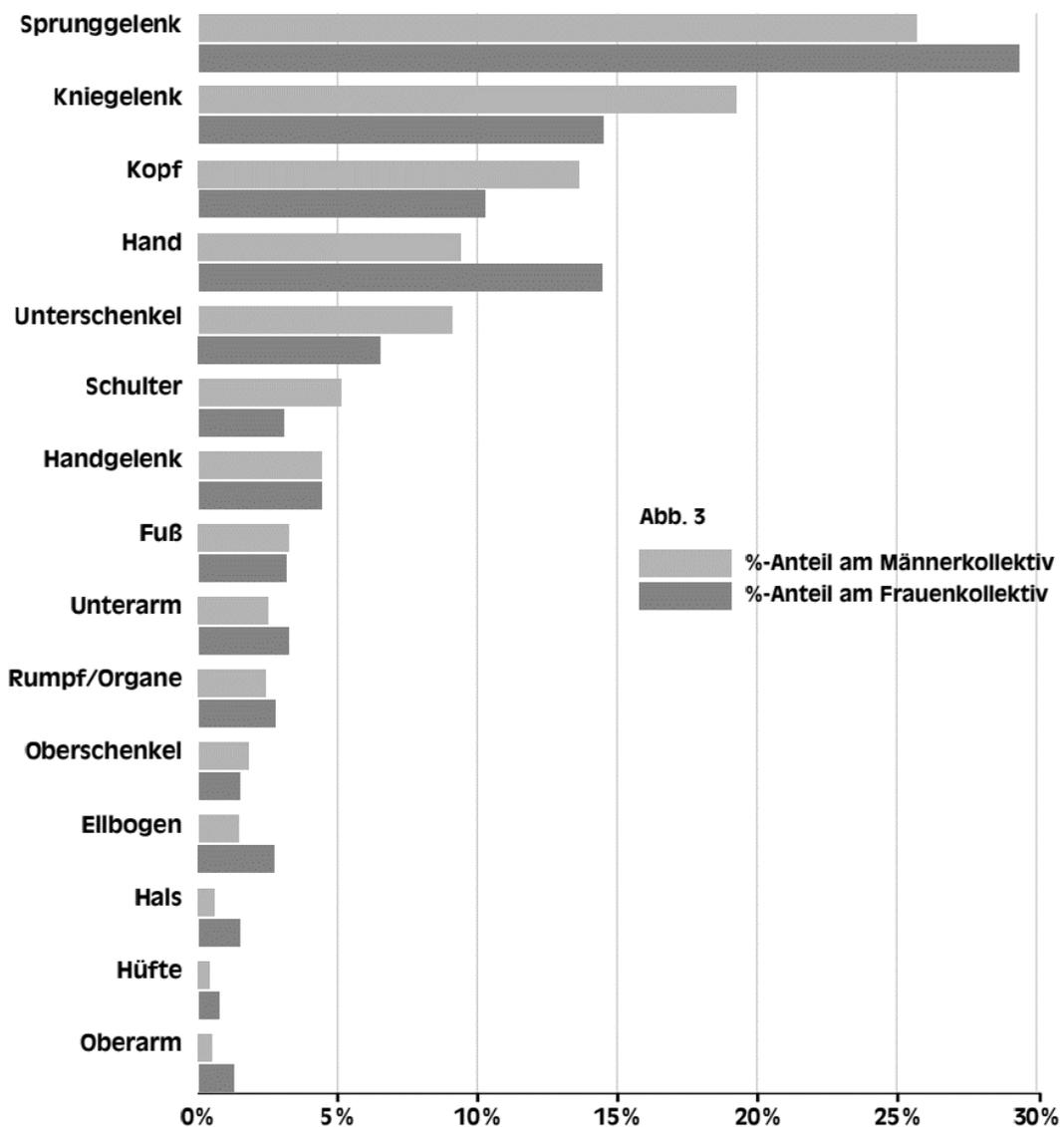


Abbildung 1: Verletzte Körperregionen im Rahmen von Sportunfällen bei Männern und Frauen (Abbildung aus „Sportunfälle- Häufigkeiten, Kosten, Prävention“, © H.Gläser und T.Henke, (Gläser, et al., 2000))

Wie Abbildung 1 verdeutlicht, zählen Sprunggelenksverletzungen sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen mit mehr als 25% aller muskuloskelettalen Verletzungen zu den am häufigsten betroffenen Körperpartien. Gleichzeitig wird die führende Rolle der Sprunggelenksverletzungen sowohl bei Männern als auch bei Frauen verdeutlicht. Die Autoren Gläser et al. geben zudem an, dass bei den Männern mit 58%

im Fußball und bei den Frauen mit 22% im Handball die häufigsten Sportverletzungen vorliegen (Gläser, et al., 2000).

Die wirtschaftliche Bedeutung von Verletzungen im Sportbereich wird auch im Hinblick auf deren wirtschaftlichen Schaden deutlich: so verursachen 1,3 Millionen Verletzungen, allen voran Sprunggelenksverletzungen, Kosten in Höhe von ca. 1,7 Milliarden Euro (Gläser, et al., 2000).

Der Mechanismus der Sprunggelenksverletzungen wie auch der Sprunggelenksinstabilitäten findet seinen Ursprung meist in einer Distorsion des oberen Sprunggelenks (OSG). Hierbei ist ein Supinationstrauma von einem Pronationstrauma abzugrenzen. Ersteres bildet mit 85% gegenüber letzterem mit 15% den weitaus größeren Anteil (Leumann, et al., 2008).

Bei inadäquater Behandlung, wie auch insuffizienter Ausheilung kommt es nicht selten zu einer Chronifizierung der Beschwerdesymptomatik. Auch eine dauerhafte Instabilität ist nicht selten Folge eines einmaligen Unfallereignisses. Insbesondere eine Schädigung des lateralen Kapselbandkomplexes trägt maßgeblich zu einer dauerhaften Instabilität bei. Folge der chronischen Instabilität kann eine Arthrose des Sprunggelenkes sein. (Kim, et al., 2002)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es sich aus eben genannten Gründen bei einer Sprunggelenksverletzung eben nicht um eine Bagatelverletzung, sondern um eine schwerwiegende Verletzung mit Folgeschäden handelt.

Die Prävalenz einer chronischen Sprunggelenksinstabilität nach vorangegangenem Trauma liegt je nach Literatur zwischen 20 und 40%. Der Ursprung dieser chronischen Instabilität liegt zum einen in einer mechanischen strukturellen Bandläsion, zum anderen in einer funktionellen Schwächung der neuromuskulär gesteuerten Kontrolle (Valderrabano, et al., 2006).

Diese Instabilität wiederum schränkt nicht nur die körperliche Bewegungsfähigkeit ein, sondern führt letztlich auch zu einer herabgesetzten Lebensqualität (Gribble, et al., 2016).

In Anbetracht von Häufigkeit und Ausmaß der Risikofaktoren bei Sprunggelenksverletzungen handelt unter anderem eine Metaanalyse der Autoren

Murphy et al. von den extrinsischen und intrinsischen Risikofaktoren, welche zu eben dieser Erhöhung der Verletzungswahrscheinlichkeit führen können.

Zu den extrinsischen Risikofaktoren werden hierbei das Wettbewerbsniveau (höheres Verletzungsrisiko in Wettbewerbs- im Vergleich zu Trainingssituationen), das Fähigkeitslevel (geringeres Risiko einer Verletzung bei gut trainierten Personen), die Schuhwahl, welche nach wie vor kontrovers diskutiert wird, die Art der Unterstützung der Knöchelverstrebenungen und letztendlich noch die Spielfläche (weniger Verletzungen auf Gras im Vergleich zu Kies etc.) gezählt (Murphy, et al., 2003).

Die intrinsischen Risikofaktoren für die Entstehung einer Verletzung stellen neben dem Alter (höheres Alter geht mit einem höheren Risiko einer Verletzung einher) und dem Geschlecht (männliche Sportler sind weniger gefährdet, eine Verletzung des Sprunggelenks zu erleiden als weibliche) auch vorangegangene Verletzungen dar. Kontrovers diskutiert wird zudem, ob bei weiblichen Athleten auch die Phase des Menstruationszyklus bei der Verletzung des Sprunggelenks eine Rolle spielt oder nicht (Murphy, et al., 2003).

Ballsportarten mit ständigem Körperkontakt, Sprungaktionen, sowie diverse Abstopp- und Beschleunigungsbewegungen stellen zudem eine große Gefahr für Supinationstraumen beziehungsweise im Allgemeinen für Distorsionsereignissen im Sport dar. Diese Tatsache wird unter anderem in einer Arbeit der Autoren Lohrer et al. deutlich. 32,4% der Basketballspieler der zweiten und dritten Liga erlitten während einer Saison ein Inversionstrauma und fielen für mindestens eine Woche aus (Lohrer, et al., 2006).

Nach einem akuten Ereignis weisen bis zu 40% der Betroffenen persistierende Schmerzen auf. Die Autoren Lohrer et al. verdeutlichen anhand einer Grafik in der deutschen Zeitschrift für Sportmedizin einen Diagnose- und Behandlungsalgorithmus bei akuten Supinationstraumen. Von den eben genannten bis zu 40% mit persistierenden Schmerzen, zeigen wiederum bis zu 20% chronische Instabilitäten. Weitere bis zu 20% stellen sich mechanisch und funktionell stabil dar, weisen aber einen chronischen Schmerz auf. Diese Unterscheidung führt dann im Weiteren zu unterschiedlichen Behandlungsansätzen (Lohrer, et al., 2006).

Während bereits diverse Diagnose- und Behandlungslogarithmen in der Literatur zu finden sind, besteht keine einheitliche Testbatterie, welche über den Zeitpunkt der aktiven Rückkehr zur Ausgangssituation vor dem Unfallereignis entscheidet. Auch eine Quantifizierung der subjektiv empfundenen Instabilität anhand Messparameter ist nur schwer möglich. Eine Testbatterie zur Detektion von chronischen Sprunggelenkstabilitäten ist in der Literatur bisher nicht beschrieben.

Zusätzlich als problematisch zu betrachten ist der bereits in der Praxis angewandte Limb Symmetry Index (LSI), welcher die beiden Extremitäten in Beziehung zueinander setzt (Wellsandt , et al., 2017). Bis zu einer Seitenabweichung von 10 Prozent wird von einer physiologischen Seitenabweichung gesprochen. Werte darüber hinaus sprechen für Funktionsdefizite.

Als problematisch ist vor allem die insuffiziente Ausheilung nach Distorsionen im Sprunggelenk zu betrachten. Die Autoren Best et al. haben sich mit dieser Problematik beschäftigt und die Rehabilitation nach einer akuten Verletzung in unterschiedliche Phasen eingeteilt, um mit deren Hilfe eine sichere Rückkehr zum Sport gewährleisten zu können. Diese sind in zeitlicher Reihenfolge wie folgt definiert. In einer ersten Phase wird von einer entzündlichen Phase (circa fünf bis sieben Tage) gesprochen, in welcher mit abschwellenden Maßnahmen und Immobilisation therapiert wird. Im Anschluss beginnt die Mobilisation im Sinne einer ersten „Return to activity“ Phase, welche eine erste Wiederaufnahme der körperlichen Belastung darstellt. Bei erfolgreicher Absolvierung geeigneter Tests im Rahmen dieser Phase wird zur nächsten Phase des so genannten „Return to sports“ mit sportartartspezifischem Training übergegangen. Die beiden letzten Stadien, „Return to play“ sowie „Return to competition“, beinhalten jeweils Gegnerkontakt und unterscheiden sich im Hinblick auf das Vorhandensein eines Wettkampfs (Best, et al., 2016).

Wünschenswert wäre es, wenn bei jedem Probanden vorab alle Testungen einer Testbatterie durchgeführt werden. Mit Hilfe dieser vorab erhobenen Messwerte kann schließlich im Verletzungsfall die Testung bei der Pathogenese wiederholt werden. Hierdurch werden die Rahmenbedingungen der Testung ceteris paribus gehalten, das heißt, dass sich außer der Verletzung selbst an den Rahmenbedingungen der Testung

nichts ändert (abgesehen von Faktoren wie Alter des Patienten). Dieses Vorgehen ist jedoch selbst im Leistungssport nicht realistisch.

Als Kompromiss kann es daher gesehen werden, im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen die Testergebnisse von gesunden Probanden zu erheben und diese Werte als Vergleichsbasis bei der Pathogenese von verletzten Patienten im Rahmen einer Matched-Pair Analyse heranzuziehen.

1.2 Anatomie des Sprunggelenks

In Anbetracht der Häufigkeit von Sprunggelenksverletzungen stellt sich die Frage nach den Ursachen. Diese lassen sich unter anderem nicht zuletzt auf die anatomische Beschaffenheit des Sprunggelenks zurückführen.

Der aufrechte Gang unterscheidet sich erheblich von allen anderen Wirbeltieren und hat neben der Lordosierung der Lendenwirbelsäule ebenso eine entwicklungsgeschichtliche Veränderung der anatomischen Beschaffenheit der Füße zur Folge. Die höhere Druckbelastung führte dazu, dass der Talus in der Knöchelgabel nach innen gerutscht ist und die Tibia eine immer größere Gelenkfläche mit dem Sprungbein bildete (Rossetto, 2005).

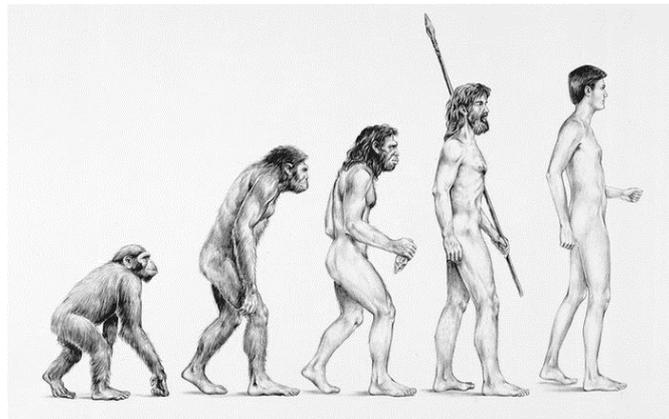


Abbildung 2: Entwicklungsgeschichtliche Darstellung des aufrechten Ganges, © akg-images/Johann Brandstetter (Brandstetter, 1998)

Die Fibula hat einen Großteil ihrer gelenkigen Verbindung zum Talus verloren, was zum einen zu einem größeren Bewegungsumfang führte, zum anderen aber auch an Stabilität verlor. Trotz Ausbildung starker Bänder an Innen-, wie auch Außenknöchel, stellt sich hier gerade bei Sportlern eine Schwachstelle in den anatomischen Begebenheiten dar (Rossetto, 2005).

1.2.1 Das Sprunggelenk als funktionelle Einheit

Der menschliche Fuß selbst wird in eine Rück-, Mittel-, und Vorfuß gegliedert. Das Sprunggelenk wiederum teilt sich in ein oberes Sprunggelenk (OSG) sowie ein aus zwei Kammern bestehendes unteres Sprunggelenk (USG).

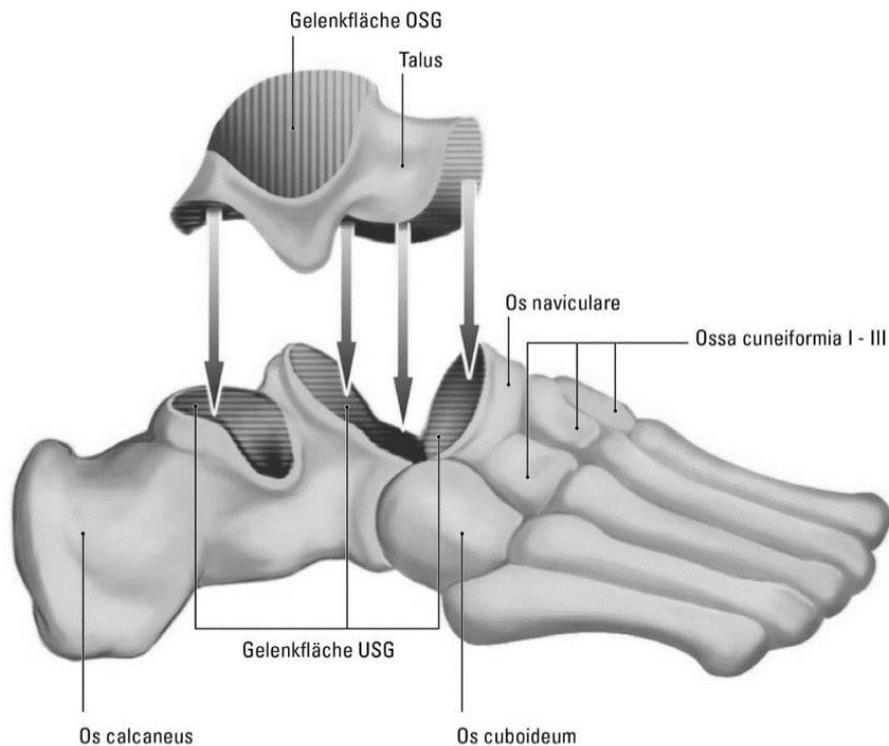


Abbildung 3: Anatomie der Gelenkflächen des OSG sowie des USG, © Medi-Learn (Medi-Learn, 2015)

Beide Gelenke bilden trotz getrennter Gelenkflächen eine funktionelle Einheit.

Das OSG, auch Art. Talocruralis genannt, stellt eine Sonderform eines Scharniergelenks zwischen Tibia, Fibula und der Trochlea tali dar.

Es verbindet den Unterschenkel mit dem Rückfuß. Als Scharniergelenk ist es für die Dorsalextension, sowie für die Plantarflexion im Fuß verantwortlich.

Die Gelenkpfanne wird von der Malleolengabel, welche wiederum aus den distalen Enden der Tibia und Fibula besteht, gebildet.

Den Gelenkkopf stellt die Trochlea tali dar. Die Syndesmosis tibiofibuläre ist für die stabile distale Verbindung von Tibia und Fibula verantwortlich.

Die Trochlea tali selbst ist ventral breiter als dorsal. Diese anatomische Begebenheit ist Grund für einen höheren Grad an Stabilität im Sprunggelenk in Dorsalextensionsstellung im Gegensatz zu einer schwächeren Verbindung in Plantarflexionsstellung (Imhoff, et al., 2004).

Im unteren Sprunggelenk artikuliert der Talus mit dem Calcaneus und dem Os naviculare. Das USG, auch Art. Talotarsalis genannt, besteht aus einer vorderen (Art. Talocalcaneonaviculare) und einer hinteren (Art. Subtalaris) Gelenkkammer, welche anatomisch durch den Canalis tarsi voneinander getrennt sind, funktionell allerdings eine Einheit bilden (Imhoff, et al., 2004).

Abbildung 4 gibt einen Überblick über die gelenkige Zusammensetzung des OSG sowie der beiden Anteile des USG und stellt das gesamte Gelenk als funktionelle Einheit dar.

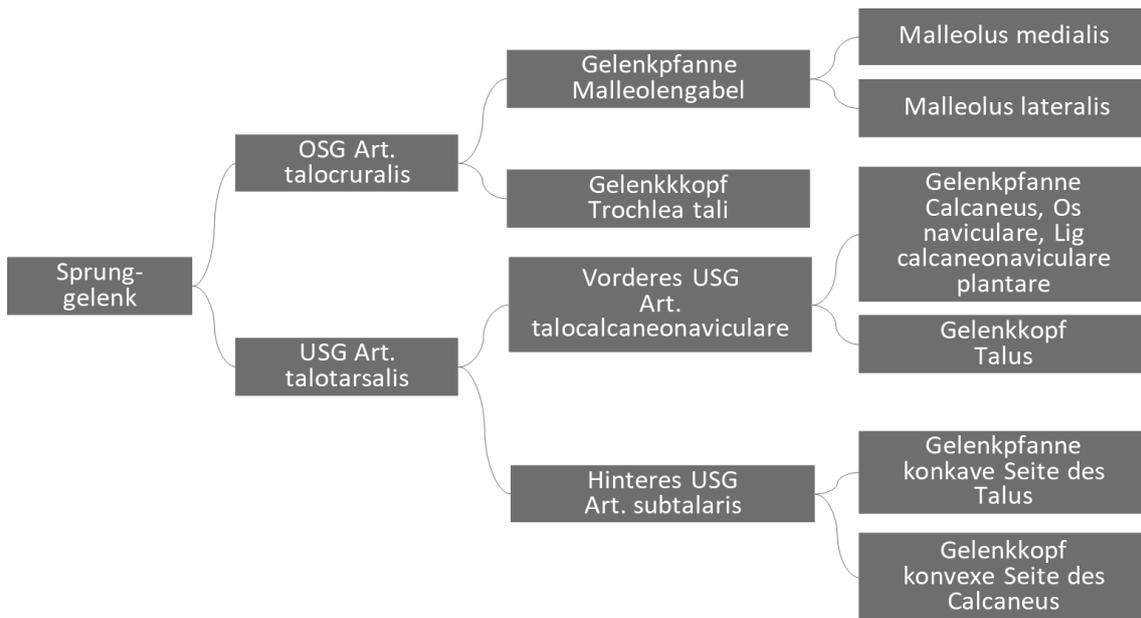


Abbildung 4: Das Sprunggelenk als funktionelle Einheit (eigene Darstellung)

Aus der Anatomie der Gelenkflächen ergeben sich die in Abbildung 5 dargestellten Bewegungsausmaße.

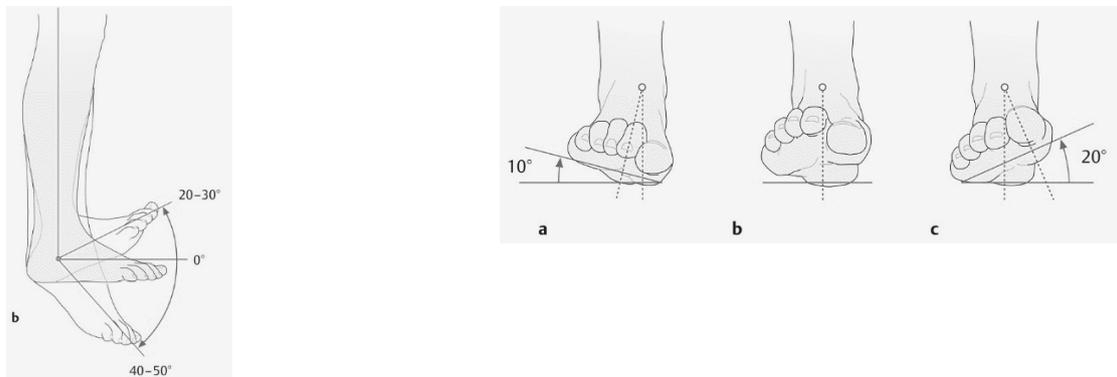


Abbildung 5: Bewegungsausmaß nach Neutral- Null- Methode im OSG und USG, © Georg Thieme Verlag, (Schünke, et al., 2005)

Im OSG (b) erfolgt die Plantarflexion (40-50°) sowie die Dorsalextension (20-30°). Im USG (a-c) finden die Supination (20°) sowie die Pronation (10°) statt (Schünke, et al., 2005).

1.2.2 Der Kapselbandapparat des Sprunggelenks

Das OSG wie auch das USG besitzen einen stabilen Kapselband Apparat.

Lateral sorgen das Lig. Fibulotalare ant. (LFTA), sowie das Lig. Fibulotalare post. (LFTP) im OSG für eine stabile Verbindung zwischen der Malleolengabel, genauer dem fibulären Anteil und dem Talus.

Neben diesen zwei Bändern ist noch das Lig. Fibulocalcaneare (LFC) zu nennen, welches sich ebenfalls lateral befindet und durch den Ansatz am Calcaneus sowohl im OSG, wie auch im USG Stabilität bietet. Medial liegt das aus vier Teilen bestehende Lig. Deltoideum. Es verspannt sich mit zwei seiner Anteile (Pars tibiotalaris ant. und Pars tibiotalaris post.) über das OSG und mit den zwei weiteren Anteilen (Pars tibionavicularis und Pars tibioalcaneae) zusätzlich noch über das USG.

Eben dargestellte Anatomie bietet neben einer Stabilität ebenso einen hohen Grad an Beweglichkeit und ermöglicht so den aufrechten Gang.

1.3 Sprunggelenkverletzungen

Nahezu jeder sportlich aktive Mensch kennt Fuß- bzw Sprunggelenksschmerzen, Sprunggelenksinstabilitäten aber teils auch Sprunggelenksverletzungen.

Das sogenannte Distorsionstrauma stellt hierbei den häufigsten Unfallmechanismus dar. Wie bereits erwähnt ist mit 85% das Supinationstrauma gegenüber dem Pronationstrauma mit 15% der deutlich häufigere Verletzungsmechanismus (Leumann, et al., 2008).

Während bei einem Pronationstrauma meist eine Beteiligung des Lig. deltoideum zu nennen ist, ist bei einem Supinationstrauma am häufigsten das LFTA betroffen. Bei dem typischen Distorsionstrauma kommt es meist zu einer Beteiligung des Kapselbandapparates (Ziai, 2016).

Weitere pathologische Ereignisse, wie beispielsweise Frakturen mit Bereich des Fußes und des Sprunggelenks, aber auch Rupturen der Muskelansätze, insbesondere der Peronealsehnen und der Achillessehne, kommen zusätzlich vor, werden aber im Rahmen dieser Arbeit nicht genauer beschrieben.

Eine genauere Differenzierung benötigt zusätzliche diagnostische Mittel wie beispielsweise den Frakturausschluss mittels Röntgendiagnostik aber auch den Nachweis von Sehnenrupturen mittels Sonographie oder sogar einer Magnetresonanztomographie. Nur bis zu 20% der Sprunggelenksverletzungen weisen klinisch relevante Frakturen auf (Tajmir, et al., 2017).

Kommt es zu einem Distorsionstrauma, ist in bis zu 85 % der Fälle der laterale Bandapparat mit beteiligt (Koch, et al., 2015).

Mit 65% ist hierbei am häufigsten eine isolierte Verletzung des LFTA zu nennen. Nur bei schweren Traumen und äußerst selten ist das LFTP, sowie der mediale Bandapparat betroffen (Koch, et al., 2015).

Häufig liegt bei solchen Verletzungen zusätzlich eine Syndesmosenruptur vor. Eine Rotationsinstabilität kann sich durch eine kombinierte Verletzung des Außenband- wie auch des Innenbandapparates entwickeln (Ziai, 2016).

Hinweise auf Bandverletzungen können Hämatome, Schwellungen und Schmerzen geben. Zwingende Voraussetzung für ein traumatisches Ereignis sind sie allerdings nicht.

Ziai beschreibt in seinem Artikel die klinische Einteilung der akuten Bandverletzung in drei Schweregrade (Ziai, 2016).

Grad 1 entspricht hierbei einer Bänderüberdehnung. Bei Grad 2 liegt zusätzlich eine partielle, bei Grad 3 eine komplette Ruptur der Bänder vor.

Diese Einteilung bezieht sich jeweils nur auf den lateralen Bandkomplex. Ist nun zusätzlich noch der mediale Anteil betroffen, spricht man von einer „Rotationsinstabilität“ (Ziai, 2016).

Nach einer akuten Bandverletzung kommt es unabhängig von der primären Behandlung und der ursprünglichen Verletzung in bis zu 40% der Fälle zu einer chronischen Instabilität. Eben diese Instabilitäten entwickeln sich abhängig vom vorangegangenen Trauma und deren dabei betroffenen Strukturen und werden im Folgenden genauer erläutert (van Rijn, et al., 2008).

1.4 Sprunggelenkinstabilitäten

Sprunggelenkinstabilitäten kommen weitaus häufiger vor und können auch ohne vorangegangenes Trauma oder eine Schädigung des Kapselbandapparates entstehen. Nach einem traumatischen Ereignis entwickelt sich in bis zu 40% der Fälle eine chronische Instabilität, welche sich in letzter Konsequenz zu einer Sprunggelenkarthrose entwickeln kann (Koch, et al., 2015).

Die klinische Untersuchung des Fußes sowie des Sprunggelenks, aber auch eine Beurteilung des Gangbildes und der Rückfußachse spielen bei der Diagnostik einer Instabilität eine wichtige Rolle. Druckdolenzen über dem Ursprung des LFTA, des LFC sowie direkt am Sinus tarsi geben Hinweis auf eine mediale Instabilität. Besteht eine Druckdolenz über dem ventralen Bereich des Lig. deltoideum spricht dies für eine laterale Instabilität (Grim, et al., 2012).

Zusätzlich ist die Instabilität im Sprunggelenk bedeutend vom subjektiven Befinden des Einzelnen abhängig und steht nicht selten im Zusammenhang mit wiederholten Distorsionstraumen.

Auch die Beschaffenheit des Rückfuß- Alignements spielt bei der Beurteilung einer Instabilität eine bedeutende Rolle. Chronisch laterale Instabilitäten treten gehäuft bei Varusdeformitäten, mediale Instabilitäten bei Valgusdeformitäten auf (Grim, et al., 2012).

All diese Faktoren können eine akute Instabilität beeinflussen und zu einer chronischen Instabilität beitragen. Eine chronische Sprunggelenkinstabilität wiederum kann im Laufe der Zeit zu einer Sprunggelenkarthrose führen.

Aus diesem Grund ist es von besonderer Bedeutung, frühzeitig die richtige Diagnose mit direkt daran anschließender passender Behandlung durchzuführen. In der Literatur findet sich meist eine Unterscheidung zwischen einer mechanischen und einer funktionellen Instabilität.

1.4.1 Die mechanische Instabilität des Sprunggelenks

Ist die Instabilität Folge einer akuten OSG- Distorsion, spricht man von einer mechanischen Instabilität, welche durch eine pathologische Band Laxität, veränderte Druckverteilungen, synoviale Entzündungen sowie degenerative Veränderungen verursacht sein kann. (Fuhrmann, et al., 2012) sprechen nicht von einer mechanischen, sondern von einer strukturellen Instabilität und sehen dahinter eine Vielzahl an Pathologien: Rückfußvarus, strukturelle laterale und mediale Bandläsionen, Läsionen des LTC, anteriore Talusposition in der sagittalen Ebene, frontale und sagittale Rückfußinstabilität, vergrößerter Talusradius bei kleinem tibiotalaren Sektor (Fuhrmann, et al., 2012).

1.4.2 Die funktionelle Instabilität des Sprunggelenks

Eine funktionelle Instabilität hingegen besitzt kein anatomisch pathologisches Korrelat. Ursächlich liegt ein propriozeptives Defizit zugrunde, welches bei dauerhaftem Bestehen zu einer funktionellen Instabilität führen kann (Valderrabano, et al., 2006). Als Propriozeption, häufig auch als Tiefensensibilität bezeichnet, wird die Wahrnehmung von Gelenkstellungen und Gelenkbewegungen mittels sensorischer Rezeptoren, definiert (Lephart, 1997). Bei der korrekten Diagnosestellung einer Sprunggelenkinstabilität ist es von Bedeutung, mehrere Punkte mit einzubeziehen. Dies spielt vor allem auch in der Behandlungsphase eine wichtige Rolle. (Polzer, et al., 2012) beschreiben dies mit einer Trias aus Anamneseerhebung, der klinischen Untersuchung sowie einer röntgenologischen und gegebenenfalls weiterführenden Bildgebung.

Die adäquate Ausheilung von akuten Distorsionstraumen ist für eine erfolgreiche Rückkehr in den Alltag, wie auch in den aktiven Sport von essentieller Bedeutung (Leumann, et al., 2009). Die Erfassung der Instabilität erfolgt in der Klinik meist durch manuelle Testverfahren (Polzer, et al., 2012). Hierbei spielen insbesondere der Test der lateralen Aufklappbarkeit sowie der Test der vorderen Schublade eine tragende Rolle. Trotz Standarddiagnostik ist zu beachten, dass sie stets subjektiv und nicht standardisiert beurteilt werden (Hubbard, et al., 2004). Zusätzlich bestehen große interindividuelle Unterschiede in der Bandheilung jedes Einzelnen (Best, et al., 2011).

1.5 Säulen der Fitness

Das Risiko einer Sprunggelenksverletzung ist vor allem bei schnellen Richtungswechseln, Abstopp- sowie Landephase nach Sprüngen (insbesondere einbeinige Landungen) von großer Bedeutung (Sekir, et al., 2008).

Aufgrund dessen erfolgte die Ausführung der Testungen jeweils einbeinig. Zudem orientierte sich die Auswahl der einzelnen Tests an den vier Säulen der Fitness, welche im Folgenden graphisch dargestellt ist.

Die sportliche Leistungsfähigkeit ist abhängig von unterschiedlichen Einflussfaktoren, welche auch bei der Auswahl und Zusammenstellung der Testbatterie, aber auch bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten sind. (Caspersen, et al., 1985) unterteilten bereits 1985 die körperliche Fitness in eine gesundheitsbezogene und eine fähigkeitsbezogene Fitness.

Während die Autoren unter ersterem unter anderem die kardiorespirative Ausdauer und muskuläre Ausdauer verstanden, zählten sie zu der fähigkeitsbezogenen Fitness zudem die Gleichgewichtsfähigkeit, die Koordination, Schnelligkeit und Agilität, welche als Grundlage für die Auswahl der Testbatterie galten.

Folgende Abbildung 6 zeigt die vier wesentlichen Elemente der fähigkeitsbezogenen Fitness im Bezug zur jeweils eingesetzten Testbatterie.

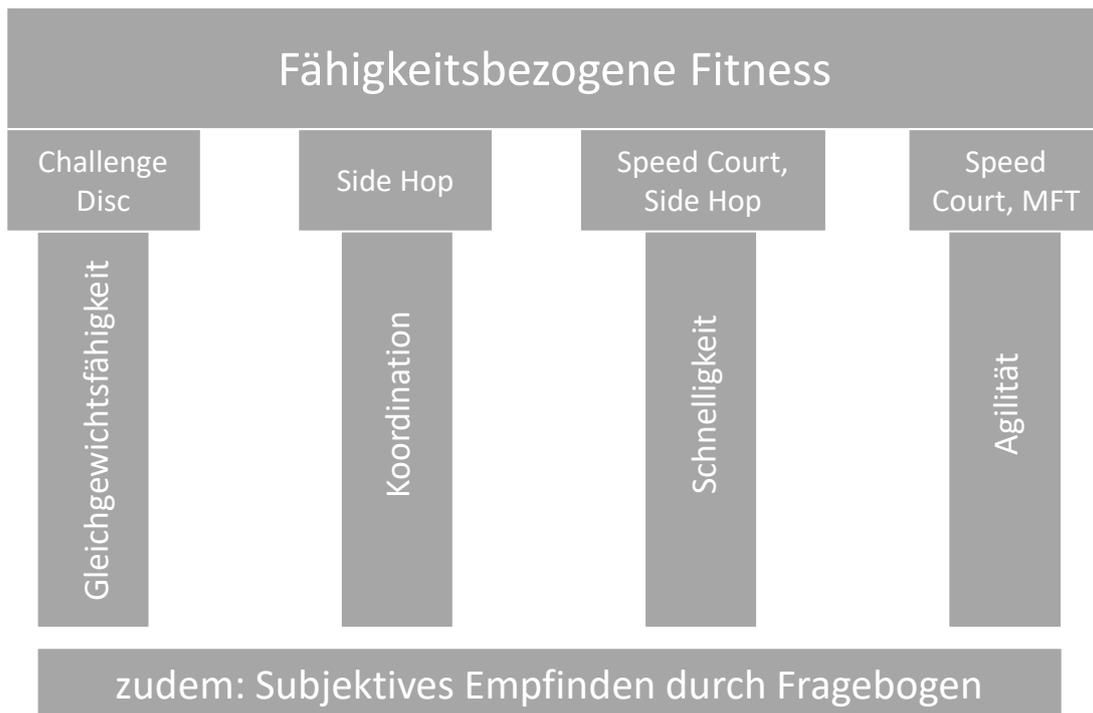


Abbildung 6: Vier Elemente der fähigkeitsbezogenen Fitness (eigene Darstellung)

In der Literatur finden sich einige Studien, welche sich mit der Frage der aktiven Rückkehr zum Sport nach Sprunggelenksverletzungen beschäftigten. (Clanton, et al., 2012) führten eine Funktionsprüfung mit objektiven Testergebnissen für die Beurteilung eines Athleten zur aktiven Rückkehr zum Sport durch.

Die Testungen beinhalteten einen Gleichgewichtstest, einen Krafttest sowie einen Agilitätstest in Verbindung mit einer psychologischen Komponente.

In Anlehnung hierzu, wie auch in Anlehnung an die 4 Elemente der fähigkeitsbezogenen Fitness, wurde eine Testbatterie erstellt, welche einen propriozeptiven Test, einen Sprungtest sowie zwei Agility Tests beinhaltete.

1.6 Zielsetzung und Fragestellung

Zielsetzung dieser Arbeit ist es,

- behandelnden Ärzten bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit ihrer Patienten einerseits eine geeignete Testbatterie vorzuschlagen und für diese Testbatterie gleichzeitig empirisch ermittelte Referenzwerte bereitzustellen.
- anhand dieser Referenzwerte abzuleiten, in welchem Quantil sich der jeweilige Patient befindet. Mit anderen Worten kann so beurteilt werden, welcher Anteil der Teilnehmer der Testungen im Rahmen der vorliegenden Dissertation besser und welcher Anteil schlechter war als der zu testende Patient.
- festzustellen ob die Performance der Probanden abhängig von deren Vorverletzung ist bzw. ob auf Basis der Performance eines Probanden auf
 - eine potentielle (stattgehabte) Vorverletzung,
 - eine potentielle subjektiv empfundene Instabilität oder
 - einen potentiellen Belastungsschmerz geschlossen werden kann.
- der Fragestellung nachzugehen, ob die vorgeschlagene Testbatterie sinnvoll ausgewählt ist um eine Sprunggelenkproblematik zu detektieren. Zudem soll untersucht werden, ob die Testungen der Testbatterie leicht reproduzierbar sind und darüber hinaus – untersucherunabhängig – zu reproduzierbaren Testergebnissen führen.

2 Material und Methoden

Wie bereits erwähnt, ist das Verletzungsrisiko laut verschiedener Studien in Wettkampfsituationen größer als unter Trainingsbedingungen (Murphy, et al., 2003) (Fong, et al., 2009). Aus diesem Grund wurden möglichst wettkampfnahen Bedingungen gewählt. Diese beinhalteten neben der Testung auf einem Hallenboden auch das Tragen von Sportschuhen.

2.1 Rahmenbedingungen

Diese Arbeit entstand auf Basis eines Kooperationsprojekts mit Sportwissenschaftlern und Ärzten aus Straubing sowie Sportstudenten des Sportinstituts der Universität Würzburg. Die Untersuchungen wurden in den Räumlichkeiten des Sportinstituts durchgeführt.

2.2 Studienteilnehmer

Die Gruppe der 40 Probanden setzte sich aus 21 Männern (52,5%) und 19 Frauen (47,5%) im Alter zwischen 20 und 37 Jahren zusammen. 14 Probanden wiesen insgesamt 20 Vorverletzungen (Vv) der Füße auf. 13 Probanden berichteten über Instabilitäten in insgesamt 18 Füßen. Eine ausführliche deskriptive Beschreibung der Studienteilnehmer findet sich in Abschnitt 3.1.

2.3 Diagnostik

In der Literatur findet man eine Vielzahl an Studien, welche sich mit der Frage der aktiven Rückkehr zur Ausgangssituation vor einer Sprunggelenksverletzung beschäftigen. Die Erstellung einer geeigneten Testbatterie spielt dabei eine bedeutende Rolle. Die Unterschiede in den Ergebnissen der jeweiligen Studien zeigen die Schwierigkeiten auf, welche bei der Auswahl der Testbatterie entstehen (Munn, et al., 2002).

Im Folgenden werden die fünf diagnostischen Mittel, welche im Rahmen der Testungen eingesetzt wurden, genauer beschrieben und zusätzlich erläutert, warum sie in der vorliegenden Arbeit zum Einsatz gekommen sind. Zunächst wird auf die MFT Platte eingegangen, anschließend der Optojump erläutert und der Speedcourt erklärt. Die beiden weiteren Messmethoden, EMG und Videoanalyse, werden im Anschluss dargestellt. In der Diskussion in Abschnitt 4 wird schließlich genauer auf die Problematik bei der Auswertung eingegangen.

2.3.1 Fragebögen

Zu Beginn jeder Testung bekamen alle Teilnehmer drei Fragebögen zum Ausfüllen. Im Anschluss daran wurden zwei Weitere im Zusammenhang mit einer Untersuchung der Sprunggelenke erstellt. Somit wurden jeder Testperson insgesamt fünf Fragebögen zugeordnet. Diese sind vollständig im Anhang aufgeführt.

Der erste Fragebogen wurde als Laufzettel zu jedem Test mitgeführt. Er dokumentierte das subjektive Befinden eines jeden Probanden nach jeder Testung, aufgeteilt in rechts und links, in Bezug auf Schmerzen und Instabilitäten im Sprunggelenk. Jeweils nach Beendigung der Übung wurden auf einer Skala von 1 bis 10 Schmerzen bzw. Instabilitäten abgefragt. In folgender Abbildung 7 ist ein Auszug dieser subjektiven Evaluation am Beispiel des Side- Hops zu sehen.

2. Side-Hop	Kein Schmerz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Stärkster vorstellbarer Schmerz	R
	Keine Instabilität	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Stärkste vorstellbare Instabilität	
	Kein Schmerz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Stärkster vorstellbarer Schmerz	L
	Keine Instabilität	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Stärkste vorstellbare Instabilität	

Abbildung 7: Auszug aus dem Fragebogen – subjektive Evaluation am Beispiel des Side-Hops

Zur besseren optischen Unterscheidung wurden die rechte und die linke Seite zusätzlich farblich gekennzeichnet. Dieser subjektive Evaluationsbogen wurde selbst erstellt.

Der zweite Fragebogen beinhaltete die Abfrage der sportlichen Aktivitäten im Allgemeinen. Hierzu wurden unter anderem neben der beruflichen Bindung an den Sport, die Häufigkeit sportlicher Aktivität insgesamt, die Dominanz des jeweiligen Beines sowie eventuell vorhandene Beschwerden des Sprunggelenks abgefragt. Zusätzlich hatte der Proband hier die Möglichkeit sämtliche Informationen bezüglich seines Sprunggelenkes anzugeben. Dieser Fragebogen wurde in Anlehnung an die Dissertation von Lisa Will (aktuell noch in Bearbeitung) selbst erstellt. Ein Auszug des Fragebogens mit den Informationen zur sportlichen Aktivität insgesamt wird in folgender Abbildung 8 gezeigt.

4. Sportliche Aktivität insgesamt

Wie viele Stunden pro Woche betätigst du dich sportlich?		
nie		<input type="checkbox"/>
selten (< 2 h/Woche)		<input type="checkbox"/>
häufig (2 - 4 h/Woche)		<input type="checkbox"/>
regelmäßig (4 - 6 h/Woche)		<input type="checkbox"/>
viel (6 - 8 h/ Woche)		<input type="checkbox"/>
sehr viel (> 8 h/ Woche)		<input type="checkbox"/>

Abbildung 8: Auszug aus dem Fragebogen – Abschnitt sportliche Aktivität

Bei dem dritten und zugleich letzten Fragebogen, welchen der Proband selbst ausfüllte handelte es sich um die offiziell anerkannte Visual Analog Skala Fuß und Sprunggelenk (VAS FA), erstellt und angewandt durch das Krankenhaus Rummelsberg (Richter, et al., 2006) (Stüber, et al., 2011). Der Fragebogen beinhaltet 20 subjektive Fragen, welche sich wie folgt aufteilen: vier Fragen betreffen Schmerzen, 13 Fragen zielen auf Funktionsstörungen ab und weitere drei Fragen betreffen sonstige Beschwerden. Bei der Auswertung wird dann ein Schmerzscore, ein Funktionsscore, ein Score für sonstige Beschwerden sowie ein Gesamtscore gebildet. Auch hier ist im Anhang der vollständige Fragebogen abgebildet und im Folgenden nur ein Ausschnitt des Fragebogens dargestellt.

				
Wie stark veränderten Fußprobleme Ihr Gangbild?				
Starkes Hinken, invalidisierend	-----			Keine Veränderung, normales Gangbild
Wie oft haben Sie in körperlicher Ruhe Fußschmerzen?				
Ständig, immer	-----			Nie, sehr selten
Wie stark sind dann in körperlicher Ruhe die Fußschmerzen?				
Nicht auszuhalten, unerträglich	-----			Keine Schmerzen
Wie oft haben Sie bei körperlicher Belastung Fußschmerzen?				
Ständig, immer	-----			Nie, sehr selten
Wie stark sind dann bei körperlicher Belastung die Fußschmerzen?				

Abbildung 9: Auszug aus dem Fragebogen – Funktionsstörungen und Beschwerden (Stüber, et al., 2011)

Die beiden letzten Fragebögen wurden von der Testleitung im Rahmen einer bilddokumentierten Untersuchung abgefragt. Der vierte Fragebogen war ein selbst erstellter Untersuchungsbogen. Hierbei erfolgte neben der Datierung der biometrischen

Daten, inklusive BMI, die Zuordnung der Probandennummer sowie auch eine kurze Inspektion des Fußes sowie eine Funktionsprüfung der Sprunggelenke. Zur Feststellung einer generellen Bandlaxizität wurde zudem der Beighton Score herangezogen (Juul-Kristensen, et al., 2017). Als fünfter und letzter Fragebogen wurde die – ebenfalls vom Zentrum für Fuß- und Sprunggelenkschirurgie Rummelsberg/ Nürnberg validierte – deutsche Version des American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score von Martinus Richter abgefragt. Der vierseitige Score zählt seit 1994 zu den am häufigsten angewandten Messinstrument in der Orthopädie für Fuß und Sprunggelenk Funktionalitäten (Cook, et al., 2011).

Die Fragen unterscheiden zwischen einer Rückfuß- und einer Mittelfußsektion sowie zwischen dem ersten Vorfußstrahl und dem wie hier abgebildeten Vorfußstrahl 2-5.

Zentrum für Fuß- und Sprunggelenkschirurgie Rummelsberg / Nürnberg

American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score

Vorfußstrahl 2-5 / Forefoot Rays 2-5

(Validierte deutsche Version, max. 100 Punkte)

Schmerz:	1: kein 2: leicht, gelegentlich 3: mittelmäßig, täglich 4: heftig, fast immer	☺ 40 Pkt. ☹ 30 Pkt. ☹ 20 Pkt. ☹ 00 Pkt.
Funktion: (Einschränkung der Aktivitäten)	1: keine Einschränkungen, keine Stütze/ Hilfe 2: keine Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Einschr. bei Freizeitakt., keine Hilfen 3: Einschr. bei den tägl. Aktivitäten/ Freizeitakt, Stock 4: starke Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Freizeitaktivitäten, Gehstütze, Krücke, Rollstuhl	☺ 10 Pkt. ☹ 07 Pkt. ☹ 04 Pkt. ☹ 00 Pkt.
Schuhwerk:	1: modische Konfektionsschuhe ohne Einlagen 2: Konfektionsschuhe mit Einlagen 3: orthopädische Schuhe	☺ 10 Pkt. ☹ 05 Pkt. ☹ 00 Pkt.
MTP-Beweglichkeit:	1: normal, oder leichte Einschränkungen (75%- 100% von normal) 2: mäßige Einschränkungen (30%-74%) 3: massive Einschränkungen (weniger als 30%)	☺ 10 Pkt. ☹ 05 Pkt. ☹ 00 Pkt.
IP-Bewegung:	1: keine Einschränkung 2: stark eingeschränkt	☺ 05 Pkt. ☹ 00 Pkt.
MTP-IP-Stabilität:	1: stabil 2: eindeutig stabil	☺ 05 Pkt. ☹ 00 Pkt.
Hornschwelen in Bezug auf MTP-IP-2- 5:	1: keine oder symptomlos 2: mit Symptomen	☺ 05 Pkt. ☹ 00 Pkt.
Achsenstellung:	1: gut, Zehen achsengerecht 2: mittelmäßig, gewisse Achsenabweichungen 3: schlecht Achsenfehlstellungen	☺ 15 Pkt. ☹ 08 Pkt. ☹ 00 Pkt.

Abbildung 10: AOFAS Score Vorfußstrahl 2-5 (Richter, et al., 2006)

2.3.2 EMG und Videoanalyse

Die Elektromyografie (EMG) dient zur Messung von elektrischer Muskelaktivität spezifischer Muskelgruppen und kann als Oberflächen-EMG oder aber auch Nadel-EMG zum Einsatz kommen. Diese myoelektrischen Signale werden durch physiologische Zustandsvariationen der Muskelfasermembran erstellt (Cerny, 1995).

In einem weiteren Schritt können die so ermittelten Daten dann mit spezifischer Software ausgewertet und im Anschluss daran Rückschlüsse auf die jeweilige Muskelaktivität gezogen werden.

Das kinesiologische EMG wird als objektive Untersuchungsmethode sowohl in der medizinischen Forschung als auch in der Rehabilitation und Sportwissenschaft bei diversen Fragestellungen eingesetzt (Konrad, 2011).

Eine 2D- Videoanalyse ermöglicht zudem weitere Aussagen über die jeweiligen Winkelstellungen während der Durchführung einer Bewegungsübung und kann so insbesondere in Zusammenschau mit den EMG Daten etwaige muskuläre Defizite genauer benennen (Marquardt, et al., 2012).

2.3.3 MFT Challenge Disk

MFT steht für multifunktionale Trainingsgeräte und wurde von Ewald Aigner ins Leben gerufen (TST Trend Sport Trading GmbH, 2018). Die Koordinationsfähigkeit kann mit Hilfe der MFT Challenge Disk als ein sensomotorisches Feedback- Trainingsgerät geprüft und verbessert werden (Raschner, et al., 2008).

Durch eine patentierte Aufhängung der Trainingsplatte kann zwischen den jeweiligen Schwierigkeitsgraden unterschieden werden. Vorteile sind neben der einfachen Handhabung (die Platte wird direkt per USB Kabel mit dem PC oder dem Laptop verbunden) ebenso der örtlich flexible Einsatz.

Die zusätzlich zur Challenge Disc erforderliche Coordi- Software bietet die Möglichkeit neben sechs Gesundheitsprogrammen auch sechs Spiele zu absolvieren. Zusätzlich bietet sie noch ein Fünf- Level Koordinationstraining an. Ziele dieser Test- beziehungsweise Messmethode sind neben dem Erhalt der Beweglichkeit auch eine Leistungssteigerung im Sport.

Das Erlernen sowie die Optimierung motorischer Bewegungsabläufe lässt sich laut zahlreicher Untersuchungen durch adäquat angewandte Feedbackverfahren erzielen (Greier, et al., 2011).

Als Grund hierfür wird unter anderem das visuelle Feedback während der Durchführung der Übung gesehen (Raschner, et al., 2008). Neben dieser Anwendung eignet sich die MFT Challenge Disc ebenso als Messinstrument für Eingangsuntersuchungen, Verlaufskontrollen sowie im Rahmen von Abschlusstestungen (TST Trend Sport Trading GmbH, 2018).

Abbildung 11 stellt die beschriebene MFT Challenge Disc dar, welche während der Testbatterie zum Einsatz gekommen ist.

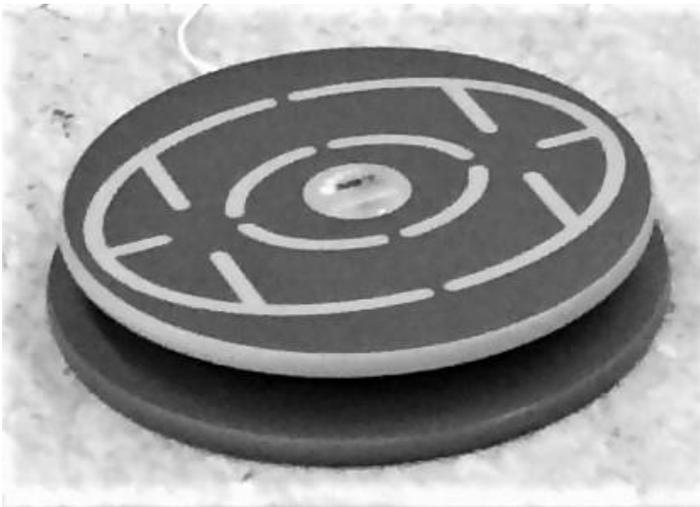


Abbildung 11: MFT Challenge Disc

2.3.4 Optojump Next

Das Unternehmen Microgate existiert seit 1989 und beschäftigt sich vor allem mit der Entwicklung professioneller Zeitmesssysteme. Optojump Next ist eines dieser entwickelten Messsysteme und kann in den verschiedensten Bereichen eingesetzt werden. Optojump Next stellt ein optisches Messinstrument dar, welches aus zwei Messstäben besteht.

Einer davon ist das sendende Element, der andere das Empfangende. Die Messstäbe bestehen jeweils aus 96 LEDs mit 1,0416 cm Auflösung. Es findet eine durchgehende

Kommunikation beider Systeme statt. Zwischen den beiden Systemen können so sämtliche Kontakt- und Flugzeiten und Gesamtzeiten aufgezeichnet werden.

Zusätzlich lässt sich aus diesen Daten die jeweilige Flughöhe ermitteln. Die Genauigkeit geht bis zu einer tausendstel Sekunde.

Dieses Messgerät kommt vor allem in der Sportwissenschaft zur Anwendung. Die Bewertung der Leistung oder des Trainingszustandes sowie die Detektion von muskulären Defiziten bei verschiedensten Übungen sind nur einige wenige Beispiele hierfür (Glatthorn, et al., 2011).

In Abbildung 12 ist das aufgebaute Optojump Next mit zwei Messstäben, einem daran angeschlossenen Laptop und zwei flexiblen 2D Videokameras während einer Messung zu sehen.

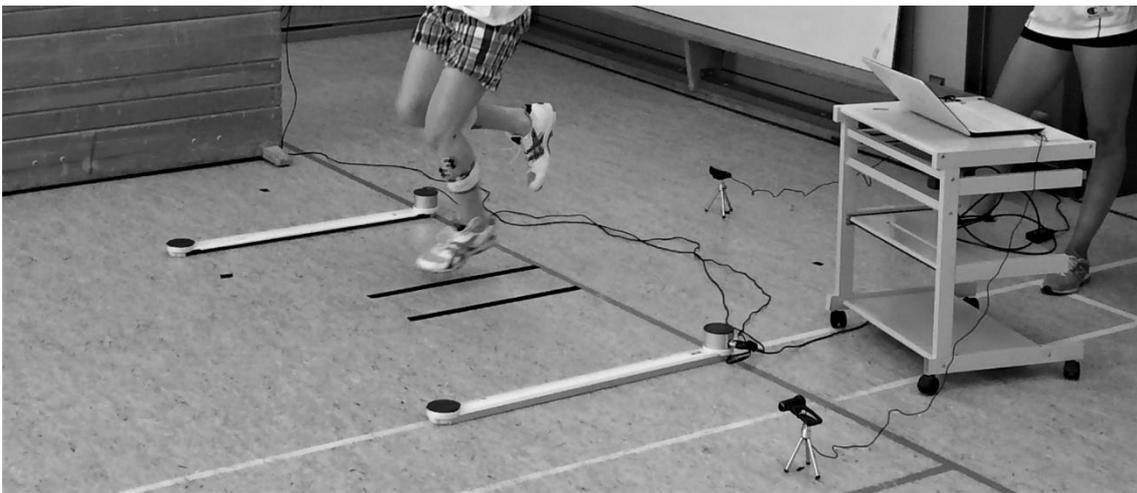


Abbildung 12: Optojump Next mit 2D Videokamera, Laptop und Proband

2.3.5 Speedcourt

Der Speedcourt ist ein interaktives Trainingsgerät, welches sowohl im Profisport im Rahmen der Leistungsdiagnostik als auch im Rehabilitationssport als Therapiemaßnahme eingesetzt wird (Globalspeed, 2015).

Die Schnelligkeit spielt in jeder Sportart eine entscheidende Rolle und wird mittels unterschiedlichster Techniken trainiert und gemessen.

Der Speedcourt stellt hierfür eine Trainingsplattform nicht nur auf der motorischen Ebene, sondern ebenso im Bereich der Kognition dar (Globalspeed, 2015).

Der Speedcourt besteht aus einem Kunststoffmattensystem, welches quadratische Sensorplatten integriert hat.

Diese zumeist neun Sensorplatten sind alle gleich groß und befinden sich sowohl in den vier Ecken jeweils mittig der Seiten, wie auch eine zentral im Mittelpunkt.

Die zentrale Platte ist, abhängig von der Herstellerfirma und dem Modell: entweder nur ein Feld, oder ein Feld mit vier identisch unterteilten Einzelfeldern.

Folgende Abbildung 13 zeigt exemplarisch den im Rahmen der Testungen verwendeten Speedcourt.

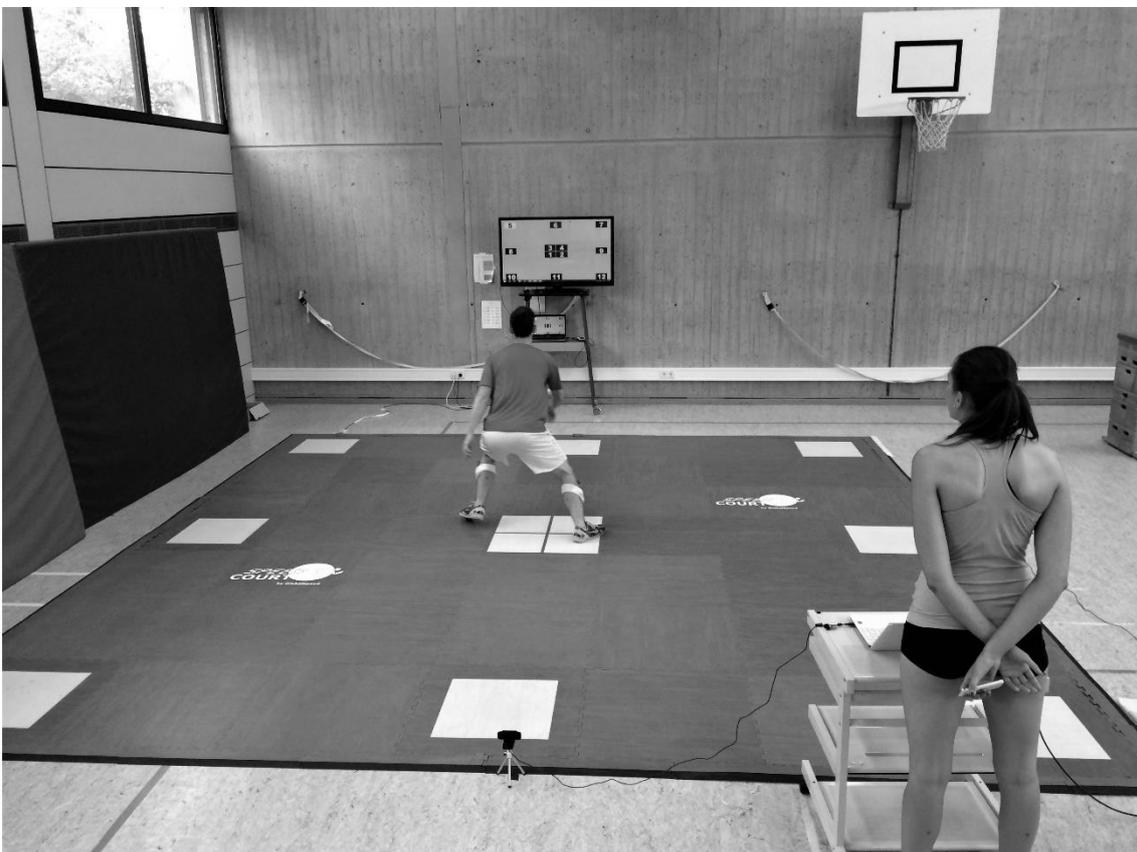


Abbildung 13: Speedcourt mit Proband

2.4 Beschreibung des konkreten Testablaufs vor Ort

Die Testungen selbst fanden an 5 Tagen im Institut für Sportwissenschaft in Würzburg statt. Dieses verfügt über ein komplett ausgestattetes Labor mit Hallenboden, Speedcourt und dem Optojump Next.

Die MFT Challenge Disc wurde jeweils zu den Testtagen mitgebracht.

Im Rahmen der Testungen wurde uns das Labor für die Zeit der Testungen vom Institut der Sportwissenschaft zur Verfügung gestellt. Pro Proband wurde eine Stunde eingeplant. Diese beinhaltete neben dem Ausfüllen der Fragebögen, eine kurze klinische Untersuchung der Füße und Sprunggelenke sowie eine Bilddokumentation. Im Anschluss daran musste jeder Teilnehmer durch eine Unterschrift sein Einverständnis zu den Tests geben.

Bevor die Testbatterie mit dem spezifischen Aufwärmen begann, wurden bei jedem Probanden ein 4 Kanal Wlan EMG geklebt, sowie Markierungen für eine zusätzliche 2D Videoanalyse an den unteren Extremitäten befestigt.

2.4.1 EMG und Videoanalyse

Als zusätzliches diagnostisches Mittel wurde bei jedem Probanden jeweils rechts wie auch links ein 4-Kanal WLAN EMG auf dem M. tibialis anterior (TA) sowie auf dem M. peroneus longus (PL) geklebt.

Der TA gehört zur Extensorengruppe der unteren Extremität und bewirkt im OSG eine Dorsalextension und im USG eine Supination. Der PL hingegen gehört zur Peroneusgruppe und seine Aktivierung führt im OSG zu einer Plantarflexion und im USG zu einer Pronation.

Diese Vertreter der beiden Muskelgruppen wurden bereits durch mehrere Studien in Bezug auf Sprunggelenksverletzungen verwendet und stellen somit die am besten geeignete Muskulatur dar (Bhaskaran, et al., 2015).

Zusätzlich dienten insgesamt 8 Markierungen auf den Schuhen, der Achillessehne, der Wade sowie dem Knie als Punkte für eine anschließende Videoanalyse des Fersenbodenwinkels sowie des Achillessehnenwinkels.

Nachfolgende Abbildung 14 veranschaulicht die Anbringung einiger Markierungen und Elektroden.



Abbildung 14: EMG Elektroden sowie Markierungen

Bei der 2D- Videoanalyse erfolgten die Aufnahmen mittels 2 Videokameras, wobei die Aufstellung dabei einmal in der Frontalebene und einmal in der Sagittalebene erfolgte. Das Softwareprogramm Kinovea diente zur Auswertung der Videos. Die Aufnahmen der Frontalebene bildeten den Achillessehnen- sowie Fersenbodenwinkel ab.

Die Bilder der Sagittalebene hingegen zeigten den oberen Sprunggelenkwinkel sowie den Kniegelenkwinkel (Marquardt, et al., 2012).

Die Daten der EMG Messungen wie auch der 2D-Videoanalyse waren aufgrund verschiedener Umstände nicht sinnvoll auswertbar. Eine Darstellung der Problematik erfolgt im Abschnitt 4 im Rahmen der Diskussion.

2.4.2 Spezifisches Warmup

Das standardisierte Aufwärmen begann mit einem allgemeinen Teil auf einem Ergometer mit einer moderaten Intensität von 100 Watt für 10 Minuten um das Herz-Kreislaufsystem auf die kommenden Belastungen vorzubereiten. Das testspezifische Aufwärmen wurde dann in einer der Spielhallen des Sportinstituts absolviert.

Wie in folgender Abbildung 15 gezeigt, waren zwei Reihen mit jeweils 7 Pylonen im Abstand von je 1,5 Metern zueinander aufgestellt. Der Abstand zwischen den Reihen selbst betrug 3 Meter.



Abbildung 15: Aufbau des testspezifischen Aufwärmprogramms mit Proband

Im Rahmen der funktionalen Vorbereitung auf die Tests wurde auf vier Übungen aus dem Lauf ABC der Leichtathletik zurückgegriffen (Fußgelenksarbeit, Kniehebelauf, Anfersen, Hopslerlauf). Gerard Mach beschrieb erstmals 1976 die Phasen der Laufbewegung und unterteilte diese in A-, B- und C-Bewegungen (Marquardt, et al., 2012). Unter A-Bewegungen verstand er Übungen für den Kniehub, B-Bewegungen stellten Oberschenkelbewegungen im Schwung dar und unter C-Bewegungen wurden alle Techniken für den Abdruck beschrieben (Marquardt, et al., 2012). Bis heute wird an dieser Einteilung festgehalten, wenn auch zusätzliche Variationen und Übungen in das ursprüngliche Lauf ABC mit aufgenommen wurde. Im Anschluss daran erfolgten zwei weitere Übungen mit je zwei Durchgängen. Das Lauf ABC erfolgte im Slalom um die Pylonen. Die erste Übung waren Sidesteps im Zickzack, wobei bei einem ersten Durchgang normales Tempo und bei einem anschließenden Durchgang volles Tempo angestrebt werden sollte. Die letzte Übung bestand aus einem Sprint mit der Diagonalen, der Geraden, der zweiten Diagonalen und der letzten Geraden als Abschluss. Auch der Sprint erfolgte in zwei Durchgängen. Im Anhang ist das spezifische Aufwärmtraining als PDF zu finden.

2.4.3 MFT Challenge Disc

Ein propriozeptives Defizit als Folgeerscheinung eines Supinationstraumas wird in verschiedenen Studien als Hauptursache für die funktionelle Instabilität im Sprunggelenk gesehen (Docherty, et al., 2008) (Konradsen, et al., 2000).

Zusätzlich beschreiben die Autoren Docherty et al. Rezeptorläsionen oder aber auch Nervenschädigungen direkt, welche eine insuffiziente Reflexantwort der antagonistischen Muskelreaktion zur Folge haben (Docherty, et al., 2008). Diese wiederum können so zu einem akuten Supinationstrauma führen.

Im Rahmen der Testungen wurde als erste Testbatterie die MFT Challenge Disc eingesetzt. MFT steht als Abkürzung für multifunktionale Trainingsgeräte GmbH und ist Anbieter der eingesetzten Challenge Disc.

Die instabile Platte, die zugehörige Software sowie eine standardisierte immer gleich ablaufende Anweisung stellte eine optimal vergleichbare Messmethodik bezüglich der Koordinationsfähigkeit und sensomotorischen Steuerung dar. Um Vergleiche zwischen rechts und links darstellen zu können wurden die einzelnen Übungen jeweils einbeinig durchgeführt.

Ausgleichsbewegungen durch den Oberkörper wurden weitestgehend verhindert in dem die Arme während der Durchführung auf den Hüften aufgestützt wurden. Pro Bein wurden zwei Durchgänge absolviert, beginnend mit dem Linken.

Die Probanden hatten die Aufgabe in 20 Sekunden einen grünen Ball, welcher vor ihnen auf die Wand projiziert wurde, möglichst nahe im Zentrum zu halten. Dabei wurde jeweils ein Fuß zentral auf die instabile Platte gestellt. Bei Bodenkontakt des zweiten Beines wurde der Testversuch als „ungültig“ gewertet.

Die vorgegebene Dauer von 20 Sekunden wurde auf dem Bildschirm angezeigt und bei Beendigung wurde automatisch der Koordinationserfolg in Form eines empfohlenen Trainingslevels beginnend von Level eins bis Level fünf dargestellt. Trainingslevel eins stellte hierbei das Beste zu erreichende Ergebnis dar.

Abbildung 16 zeigt die MFT Challenge Disc während einer Messung.



Abbildung 16: MFT Challenge Disc mit Proband während einer Messung

2.4.4 Side Hop

Das Risiko eine Sprunggelenkverletzung zu erlangen ist, wie bereits beschrieben, vor allem bei Sportsportarten mit Körperkontakt, aber ebenso in Sprung und Landephase besonders erhöht. Diese Erkenntnis hat in der vorliegenden Arbeit dazu geführt, einen Sprungtest mit in die Testreihe aufzunehmen.

Der Side Hop wurde bereits in mehreren Sprunggelenksstudien verwendet und stellte sich als valide Testmethode dar (Ageberg, et al., 1998) (Docherty, et al., 2005).

Zwei parallel am Boden angebrachte Markierungen im Abstand von 30 Zentimetern bestimmten die Breite welche der Proband überspringen musste. Das Messgerät, das Optojump der Firma Microgate, bildete den im Abstand von 0,5 Metern entfernten Rahmen zu den Markierungen.

Der Proband stand außerhalb und parallel der Markierung und musste so schnell wie möglich einbeinig über die Markierung springen. Die Hände mussten, wie auch bei dem ersten Test, während der gesamten Übung in den Hüften gehalten werden. Dabei war es vor allem wichtig, dass die Probanden die Markierung jeweils komplett (also ohne Berühren oder Übertreten) überspringen.

Als limitierender Faktor wurde die Anzahl der Sprünge mit 20 Sprüngen durch das Optojump vorgegeben. Auch hier fanden pro Bein, beginnend mit dem linken, zwei Durchgänge statt. Das Optojump zeichnet neben der Kontakt- und Wendezeit, die

Flughöhe und Anzahl der Sprünge auf. Abbildung 17 zeigt die Durchführung des Side Hops, gemessen mit dem Optojump.

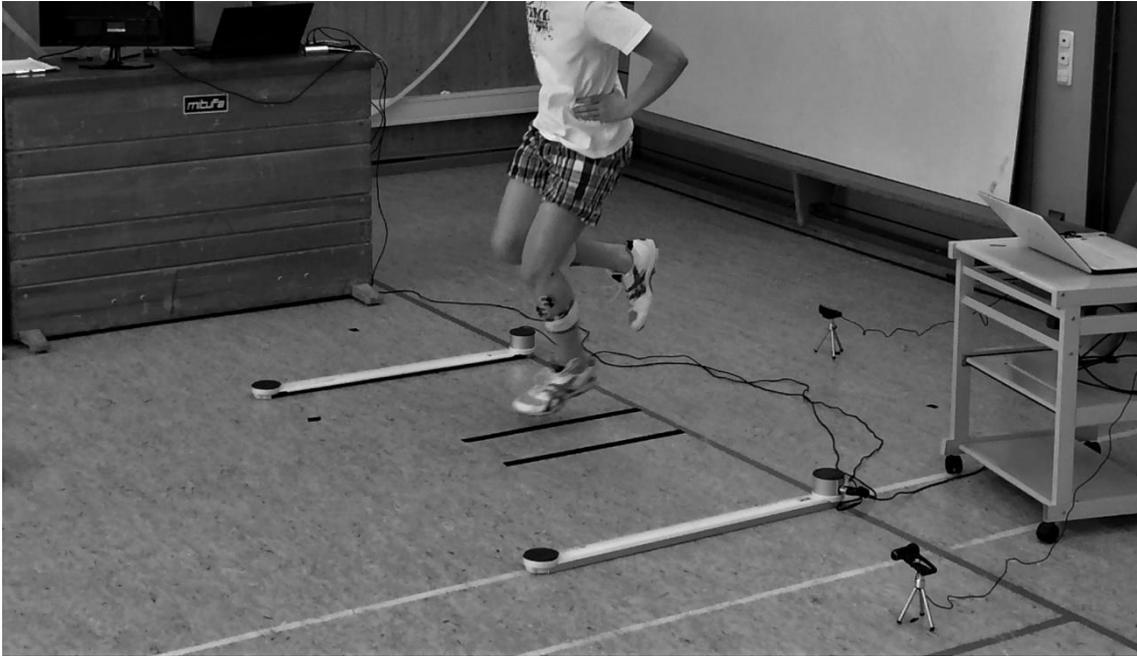


Abbildung 17: Side Hop mit Proband während einer Testung

2.4.5 Speedcourt L- Speed (Lateral)

Für den Zeitraum der Testungen, stellte das Sportinstitut seinen im Labor ausliegenden Speedcourt mobile “7 mal 7 Q12” zur Verfügung. Auch hier wurde durch die Beschaffenheit der Oberfläche ein Sportboden nachempfunden und so eine spielnahe Situation erzeugt.

Das Plattensystem war sowohl an einen Laptop als auch an einem 47 Zoll Bildschirm angeschlossen. Über den Bildschirm wurde die Mess- und Trainingsfläche abgebildet. Bei den Messungen wurde der Speedcourt in zwei verschiedenen Varianten eingesetzt. Die erste Übung, welche auch zweimal durchgeführt wurde, bestand nur aus lateralen Bewegungsabläufen. Bei diesem Test hatten die Probanden die Aufgabe, möglichst schnell die Sensorplatten nach einer über den Bildschirm vorgegebenen Reihenfolge zu berühren. Gemessen wurden jeweils die Kontaktzeiten und Wendezeiten der einzelnen Felder sowie eine Gesamtzeit am Ende jeweils auf eine tausendstel Sekunde genau.

Im Folgenden ist die Parametrierung des Speedcourts beschrieben. Aktiv waren nur die drei Felder der ersten Reihe (Feld 5, Feld 6 und Feld 7). Insgesamt wurden 33 Kontakte



Abbildung 19: Speedcourt L-Speed mit Proband während der Messung

2.4.6 Speedcourt M- Speed (MultiDirectional)

Der zweite Test auf dem Speedcourt wurde ebenfalls von der Versuchsleitung selbst konfiguriert und als M- Speed für MultiDirectional bezeichnet.

Hierbei kamen alle neun Sensorplatten zum Einsatz. Da bei dem hier beschriebenen Speedcourt die Mitte in weitere vier kleine Felder unterteilt wurde und man diese nicht zusammenschließen konnte, wurde mittig lediglich das Feld mit der Nummer 4 aktiviert.

Auch hier waren wieder 33 Kontakte vorgegeben. Durch den ersten Kontakt auf der 4 startete der Test. Im Gegensatz zum L- Speed waren nun alle Bewegungsrichtungen möglich, jeder zweite Kontakt war aber mit der 4 vorgegeben und immer gleich. Folgende Reihenfolge wurde von der Versuchsleitung festgelegt: 4-5-4-9-4-10-4-6-4-12-4-7-4-8-4-5-4-10-4-11-4-9-4-7-4-9-4-10-4-5-4-10-4.

Alle Richtungen sollten möglichst gleich oft vorkommen, die Verteilung wurde allerdings stochastisch festgelegt.

Bei der Auswahl der Reihenfolge wurde besonders darauf geachtet, die Abstoppbewegungen in allen Richtungen zu messen. Auch hier wurden wieder die Kontakt- und Wendezeiten der einzelnen Felder sowie die Gesamtzeit gemessen.

Mit dem zweiten Durchgang des MultiDirectional waren die Testungen beendet.



Abbildung 20: Speedcourt M- Speed mit Proband während der Messung

2.5 Statistik

Die Auswertung sowie graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe von Matlab. Für statistische Auswertungen wurde das Programm „IBM SPSS Statistics“ Version 25 verwendet.

Die Daten werden jeweils als Mittelwerte (MW) mit Standardabweichung (SD) dargestellt. Im Anschluss werden die Ergebnisse mit Hilfe von Matlab als Histogramme, kumulierte relative Häufigkeiten und als Boxplots beschrieben.

Die Prüfung auf Normalverteilung erfolgte mittels Shapiro-Wilk- Test in SPSS.

Bei normalverteilten Stichproben erfolgte zunächst die Prüfung auf Varianzgleichheit mittels Levene-Test und, abhängig von der Prüfung der Varianzgleichheit, die Durchführung eines t-Tests bzw. Welch- Tests.

Bei unverbundenen nicht normalverteilten Stichproben wurde der Mann-Whitney-U-Test als nicht parametrischer Test angewandt (Keller, 2018).

3 Ergebnisse

Dieses Kapitel zeigt eine deskriptive Beschreibung der Studienteilnehmer, die Ergebnisse der Fragebögen sowie jene der einzelnen Testungen.

In Abschnitt 3.1 werden zunächst die Studienteilnehmer deskriptiv beschrieben und in Abschnitt 3.2 kurz auf das EMG und die Videoanalyse eingegangen.

In Abschnitt 3.3 werden im Anschluss die Auswertung der Fragebögen dargestellt und letztlich ab Abschnitt 3.4 die Ergebnisse der einzelnen Testungen beschrieben.

3.1 Deskriptive Beschreibung der Studienteilnehmer

Die Gruppe der 40 Probanden setzte sich aus 21 Männern (52,5%) und 19 Frauen (47,5%) im Alter zwischen 20 und 37 Jahren zusammen. Das Alter und der Body-Mass-Index verteilten sich wie in folgender Tabelle 1 gezeigt. Beim BMI lag der Maximalwert bei 27 und der Minimalwert bei 17.

Tabelle 1: Merkmale und Verteilung der Probanden

	Männer	Frauen	Gesamt
Teilnehmer	21	19	40
Alter in Jahren (MW±SD)	24,95±2,13	26,47±3,82	25,68 ± 3,11
BMI (MW±SD)	24,05±1,64	20,42±1,57	22,25±2,37

Legende: MW= Mittelwert; SD= Standardabweichung; BMI= Body-Mass-Index

Zum Zeitpunkt der Testungen lagen bei keinem der Probanden akute Verletzungen vor. Bei 14 Probanden wurden Vorverletzungen (Vv) des Fußes berichtet. Subjektiv wahrgenommene Instabilitäten (I) gaben 13 Probanden an.

Tabelle 2 gibt Auskunft über die Anzahl und Art der Vorverletzung der Füße.

Da jede Vorverletzung einzeln zählt und manche Probanden beidseits Vorverletzungen aufwiesen, ergibt sich die im Folgenden dargestellte Aufteilung der Probanden.

Tabelle 2: Anzahl und Art der Vorverletzungen (Vv) am Fuß/Instabilitäten (I)

	Männer	Frauen	Gesamt
Mittelfußfraktur	/	1	1
Talusfraktur	1	/	1
Außenbandriss	10	8	18
Vv am Fuß gesamt	11	9	20
Anzahl der Probanden mit Vv	7	7	14
Anzahl der Probanden mit I	7	6	13
Anzahl der instabilen Sprunggelenke	10	8	18

Aus Tabelle 2 wird ersichtlich, dass insgesamt 14 Probanden 20 Vorverletzungen am Fuß aufwiesen. Bei den Instabilitäten zeigte sich, dass insgesamt 13 Probanden 18 Instabilitäten des Sprunggelenks angaben. Davon gaben 5 Probanden ein beidseitiges Instabilitätsgefühl an. Wenn man die vorverletzten Probanden in Beziehung zu den instabilen Probanden setzt, ergeben sich folgende zwei Abbildungen.

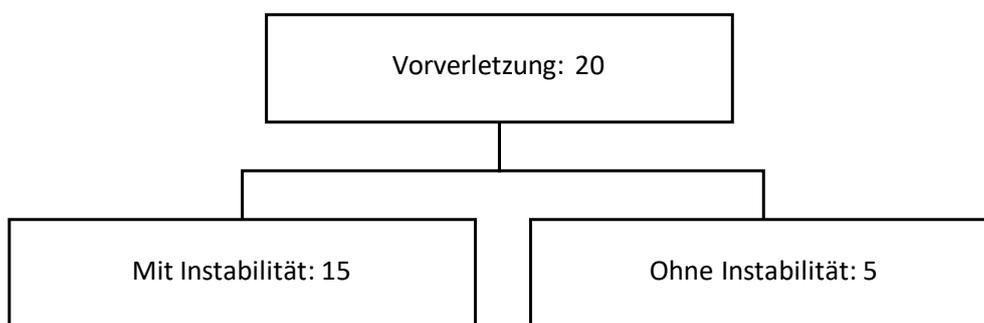


Abbildung 21: Vorverletzung mit/ohne subjektive Instabilitäten

Unter den 20 vorverletzten Füßen wiesen 15 eine zusätzliche Instabilität auf. 5 zeigten neben den Vorverletzungen keine weiteren Instabilitäten. Die 18 als instabil angegebenen Füße teilten sich wie folgt unter den vorverletzten Füßen auf.

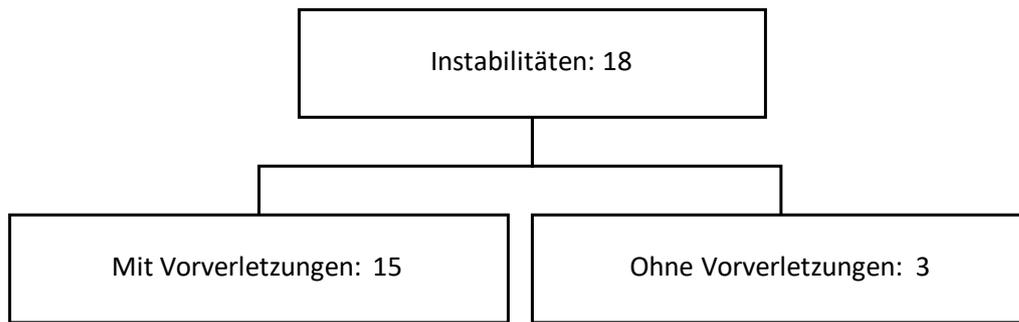


Abbildung 22: Instabilitäten mit/ ohne Vorverletzung

Als alleiniges Ausschlusskriterium für die Testungen galt eine akute Verletzung der unteren Extremität.

3.2 EMG und Videoanalyse

Die Ergebnisse des EMG sowie die der Videoanalyse waren aufgrund verschiedener Faktoren nicht verwertbar. Die Problematik, welche sich bei der Auswertung ergab wird in der Diskussion genauer aufgezeigt und beschrieben.

3.3 Auswertung der Fragebögen

Nachfolgender Abschnitt stellt die Auswertung der fünf, im Rahmen der Testungen verwendeten Fragebögen dar, beginnend mit dem Fragebogen zur subjektiven Evaluation von Schmerzen und Instabilitäten im Anschluss an jeden Testdurchlauf.

3.3.1 Fragebogen 1: Subjektive Evaluation von Schmerz, Stabilität unter sportlicher Belastung

Dieser Fragebogen ist als Laufzettel während allen vier Testungen mitgeführt worden. Nachfolgende Tabelle 3 zeigt die Mittelwerte der subjektiv empfundenen Angaben von Schmerzen und Stabilität unter sportlicher Belastung, aufgeteilt nach links und rechts auf einer Skala von 1 bis 10, wobei 1 keine Schmerzen bzw. keine Instabilitäten und 10 stärkste vorstellbare Schmerzen bzw. stärkste vorstellbare Instabilitäten bedeutete.

Tabelle 3: Subjektive Bewertung von Instabilitäten und Schmerzen über alle Testungen

	Instabilität	Schmerzen	Gesamt
Links (*)	1,43	1,11	1,41
Rechts (*)	1,50	1,14	1,39
Gesamt (*)	1,47	1,13	1,30

**Mittelwert über alle Probanden und alle Testungen*

Im Mittel über allen Testungen wurde sowohl mit links, als auch mit rechts bei den Instabilitäten mit 1,47 als auch bei den Schmerzen mit 1,13 ein niedriger Zahlenwert beim Instabilitätsgefühl wie auch beim Schmerzempfinden angegeben. Bei einem Vergleich der vorab angegebenen subjektiven Instabilität mit den letztlich nach den Testungen angegebenen Instabilitäten fällt auf, dass unter den 13 sich vorab als instabil bezeichnenden Probanden 10 auch nach den einzelnen Testungen Instabilitäten empfunden haben.

Differenziert man nun nach den einzelnen Testungen ergibt sich folgendes, in Tabelle 4 dargestelltes, Bild.

Tabelle 4: Subjektive Bewertung von Instabilitäten und Schmerzen, aufgeteilt nach den Testungen

	Instabilitäten	Schmerzen	Gesamt
MFT(*)	1,36	1,05	1,21
Side Hop(*)	1,56	1,34	1,45
Speedcourt (L-Speed)(*)	1,46	1,26	1,06
Speedcourt (M-Speed)(*)	1,48	1,05	1,26
Gesamt(*)	1,47	1,13	1,30

**Mittelwert über alle Probanden*

Die meisten Angaben zu den Instabilitäten, wie auch zu den Schmerzen, wurden bei den Testungen des Side Hops angegeben., gefolgt von der Testung des M-Speed auf dem Speedcourt.

3.3.2 Fragebogen 2: Fragebogen zur sportlichen Aktivität

Dieser weitere, ebenfalls durch den Probanden selbst auszufüllende Fragebogen beschäftigte sich mit der sportlichen Aktivität des Einzelnen im Allgemeinen.

Zudem wurde der Bezug zum Sport jedes Einzelnen abgefragt.

Die Gruppe der Teilnehmer setzte sich aus Leistungs-, Breiten-, Freizeit wie auch Nichtsportlern zusammen. Zwei männliche Probanden stammen aus dem Bereich des Leistungssports (American Football, Eishockey).

Unter den Probanden waren insgesamt 12 Studenten bzw. Studentinnen des Studienfachs Sport. 21 Teilnehmer bezeichneten sich als Freizeitsportler und 6 Probanden/-innen bezeichneten sich als Nichtsportler. Eine Probandin war zum Zeitpunkt der Testungen als Sportlehrerin tätig.

Die sportliche Aktivität wurde in 6 Stufen aufgeteilt, wobei das Minimum bei 0 Stunden pro Woche und das Maximum bei >8 Stunden pro Woche lag. Die Aufteilung stellte sich wie folgt dar.

Tabelle 5: Häufigkeit sportlicher Betätigung der Probanden

	Männer	Frauen	Gesamt
Nie	/	1	1
Selten (<2 Stunden / Woche)	2	3	5
Häufig (2-4h/w)	2	6	8
Regelmäßig (4-6h/w)	3	5	8
Viel (6-8h/w)	4	3	7
Sehr viel (>8h/w)	10	1	11
Gesamt	21	19	40

3.3.3 Fragebogen 3: Visual Analog Skala Fuß und Sprunggelenk (VAS FA)

Die Messdaten wurden mittels Messgitter für die manuelle Auswertung, welches durch das Krankenhaus Rummelsberg validiert wurde, ausgewertet.

Die errechneten Scorewerte sind im Folgenden, differenziert nach Probanden ohne Instabilitäten (I) und/oder Vorverletzungen (Vv) und denen mit Instabilitäten (I) und/oder Vorverletzungen (Vv), dargestellt.

Die Scorewerte stellen den Mittelwert der erreichten Werte der jeweiligen Kategorie dar. Insgesamt wurden vier Kategorien berücksichtigt: Schmerz, Funktion, Sonstiges und Gesamt. Das Messgitter reicht von 0-100 Punkte.

Tabelle 6 zeigt die Scorewerte der nicht instabilen sowie nicht vorverletzten 23 Probanden im Vergleich zu den 17 Probanden mit Vorverletzungen und/oder Instabilitäten.

Tabelle 6: Scorewerte aller Probanden aufgeteilt in nicht Vv und/oder I und Vv und/oder I

	Schmerz	Funktion	Sonstige	Gesamt
Probanden ohne I und/oder Vv(*)	94,77	97,37	92,64	95,66
Probanden mit I und/oder Vv(*)	85,49	94,24	90,01	91,31
Gesamt(*)	90,13	95,80	91,32	93,49

*Mittelwert

Bei den Probanden mit Vorverletzungen und/oder Instabilitäten zeigt sich im Vergleich zu den gesunden Probanden in allen drei Bereichen (Schmerz, Funktion, Sonstige) ein schlechterer, respektive niedrigerer Scorewert.

3.3.4 Fragebogen 4: Untersuchungsbogen

Im Gegensatz zu den drei erstgenannten Fragebögen wurde dieser Untersuchungsbogen, wie auch der im Nachfolgenden erläuterte AOFAS Score, durch die Testleitung ermittelt und ausgefüllt. Inhalt des Untersuchungsbogens stellte eine Inspektion sowie eine kurze Funktionsprüfung der Sprunggelenke dar.

Keiner der 40 Probanden zeigte zum Zeitpunkt der Testungen eine akute Verletzung bzw. befand sich in der unmittelbaren Regenerationsphase.

Von Funktionsauffälligkeiten im USG mit einer verstärkten Supination beziehungsweise Pronation waren 8 Probanden betroffen. Funktionsauffälligkeiten im OSG zeigten sich bei keinem der Teilnehmer.

3.3.5 Fragebogen 5: American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score

Analog zur im Abschnitt 3.3.3 beschriebenen Visual Analog Skala Fuß und Sprunggelenk wurde ebenfalls zur Erfassung der Funktionalität des jeweiligen Rückfußes, Mittelfußes, sowie Vorfußes (1. Strahl und Strahl 2-5) der durch Martinus Richter ins Deutsche übersetzte und evaluierte AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) Score angewandt. Der AOFAS Score zählt zu den Traumascores und beschreibt Schmerzen, Funktionen sowie Alignment des Fußes unterteilt in Rückfuß, Mittelfuß, Vorfuß 1.

Strahl sowie Vorfuß Strahl 2-5. Insgesamt sind in jeder Sektion 100 Punkte als Maximum zu erreichen (Kostuj, et al., 2014).

Nachfolgende Tabelle 7 zeigt die einzelnen Ergebnisse der Probanden, jeweils differenziert nach den Gruppen „nicht vorverletzen und stabil“ sowie „vorverletzt und/oder instabil“.

Tabelle 7: AOFAS Score der 23 nicht Vv und nicht I Probanden sowie der 17 Vv und/oder I Probanden

	Rückfuß	Mittelfuß	Vorfuß 1.Strahl	Vorfuß Strahl 2-5	Gesamt
Probanden ohne I und/oder Vv (*)	99,78	97,91	97,22	99,26	98,54
Probanden mit I und/oder Vv (*)	96,65	97,06	99,59	100	98,32
Gesamt (*)	98,21	97,49	98,40	99,63	98,45

**Mittelwert*

3.4 Ergebnisse zur Testung MFT Challenge Disc

Folgendes Kapitel stellt die Ergebnisse der ersten durchgeführten Testung, der MFT Challenge Disc dar. Nach einer deskriptiven Auflistung der Mittelwerte und Standardabweichungen der gebildeten Vergleichsgruppen erfolgt eine graphische Darstellung beziehungsweise Auswertung eben dieser Werte.

3.4.1 Erläuterung Boxplot

Da im Folgenden die Verteilung der Messergebnisse regelmäßig mit Hilfe von Histogrammen, kumulierten relativen Häufigkeitsverteilungen und Boxplots beschrieben wird, soll im Folgenden kurz auf die Grundzüge dieser Darstellungsarten eingegangen werden.

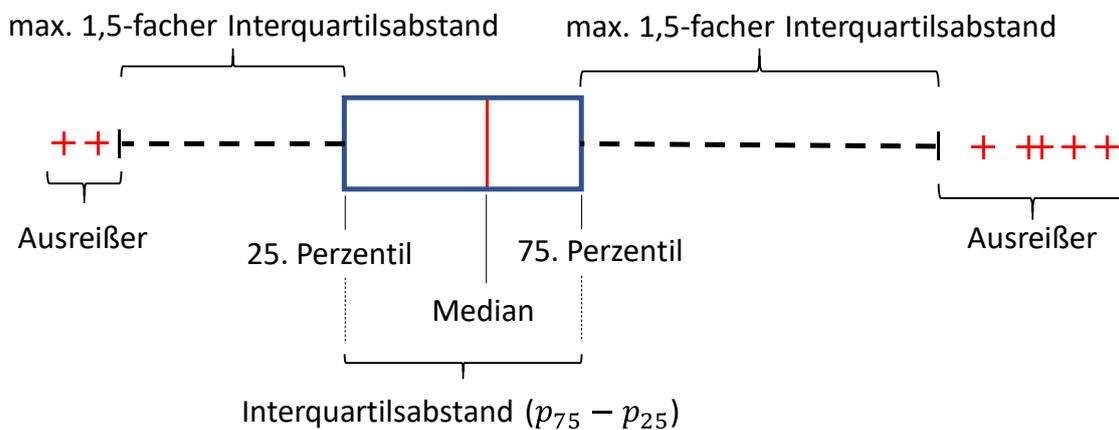


Abbildung 23: Schematische Darstellung der Perzentile in den Boxplots

Obige Abbildung 23 zeigt einen exemplarischen Boxplot. Da die Position der Antennen sowie die Enden der Box in der Literatur verschieden definiert sein können, wird nachfolgend kurz auf deren Lage eingegangen bzw. erläutert, welches Quantil diese jeweils repräsentieren. Ein Boxplot besteht aus Ausreißern, Antennen, den Enden der eigentlichen Box sowie der Darstellung des Medians im Inneren der Box. In dieser Arbeit repräsentieren die Enden der Box das 25. bzw. 75. Perzentil. Die Antennen weisen maximal das 1,5-fache des sogenannten Interquartilsabstandes aus, also des Abstandes zwischen dem 25. und dem 75. Perzentil. Hierbei nimmt die Antenne jedoch nicht immer exakt den Wert des 1,5-fachen Interquartilsabstandes ein, sondern jeweils den nächstgrößeren (beim 25. Perzentil) bzw. nächstkleineren (beim 75. Perzentil) an. Die

Ausreißer sind schließlich all jene Datenpunkte, deren Wert nicht mehr in das Intervall $[p_{25} - 1,5 \cdot (p_{75}-p_{25}); p_{75} + 1,5 \cdot (p_{75}-p_{25})]$ fällt.

3.4.2 Untersuchung auf Normalverteilung

Im Folgenden soll untersucht werden, ob eine Vorverletzung oder eine subjektiv empfundene Instabilität einen signifikanten Einfluss auf das MFT-Trainingslevel der Probanden hat.

Hierzu wird wie unter Abschnitt 2.5 beschrieben in einem ersten Schritt untersucht, ob die MFT-Trainingslevel der jeweiligen Gruppen normalverteilt sind. Im Anschluss soll mit Hilfe des t-Tests bzw. Whitney-Mann-U-Tests für unverbundene Stichproben bestimmt werden, ob sich zwischen den beiden Gruppen ein signifikanter Unterschied aufgrund einer Vorverletzung oder Instabilität feststellen lässt.

Konkret wird untersucht, ob eine Instabilität (bzw. eine Vorverletzung) auf der linken Seite einen signifikanten Einfluss auf das MFT-Trainingslevel der linken Seite hat. Hierzu werden die Subgruppen „instabil links“ und „nicht instabil links“ (bzw. „vorverletzt links“ und „nicht vorverletzt links“) miteinander verglichen und untersucht, ob sich das MFT-Trainingslevel der linken Seite der beiden Subgruppen signifikant unterscheidet. Das MFT-Trainingslevel der rechten Seite wird analog untersucht.

Tabelle 8: Verteilung der Subgruppen in Bezug auf das MFT Trainingslevel

		MFT-Trainingslevel	
		MFT links	MFT rechts
Instabil	0 (=nicht instabil l)	p=0,455°	-
	1(=instabil l)	p=0,150°	-
	0 (=nicht instabil r)	-	p=0,773°
	1(=instabil r)	-	p=0,883°
Vorverletzt	0 (=nicht vv links)	p=0,360°	-
	1(=vv links)	p=0,267°	-
	0 (=nicht vv rechts)	-	p=0,861°
	1(=vv rechts)	-	p=0,818°

Legende: °Test auf Normalverteilung errechnet mit Shapiro-Wilk

Es zeigt sich innerhalb aller Subgruppen, dass zum Niveau $p > 0,05$ eine Normalverteilung des jeweiligen Merkmals angenommen werden kann. Daher wird im Folgenden zur

Untersuchung des Einflusses einer Vorverletzung bzw. einer Instabilität der t-Test bei Varianzhomogenität, bzw. der Welch-Test bei Varianzinhomogenität angewandt und an der jeweiligen Stelle gezeigt.

3.4.3 Übersicht der Ergebnisse der MFT Challenge Disc

Tabelle 9 gibt eine Übersicht über die Mittelwerte und Standardabweichungen von ausgewählten Vergleichsgruppen.

Die Mittelwerte entsprechen hierbei dem durchschnittlich erreichten Trainingslevel, welcher sein Maximum bei 5 und sein Minimum bei 1 hat, wobei der bestmögliche Wert 1 und der schlechtmöglichste Wert 5 beträgt.

Tabelle 9: Deskriptive Statistik zu den Ergebnissen der MFT Challenge Disc

	$\mu \pm \sigma^*$	$\mu \pm \sigma^*$	Differenz
Geschlecht	Männer 3,98±0,35	Frauen 3,50±0,38	0,48
Vorverletzungen	Vorverletzt 3,97±0,41	Nicht vorverletzt 3,63±0,40	0,34
Instabilitäten	Instabil 3,89±0,42	Nicht instabil 3,68±0,43	0,21
Vorverletzungen/ Instabilitäten	Vv oder instabil 3,93±0,39	Nicht Vv und stabil 3,62±0,42	0,31
Sportliche Aktivität	>4h Sport/Woche 3,85±0,43	<4h Sport/Woche 3,58±0,38	0,27
Sportliche Aktivität & Vv oder I	Sportl.aktiv+Vv oder I 3,94±0,41	Sportl inaktiv + Nicht Vv oder I 3,50±0,36	0,44

Legende: *Mittelwert \pm Standardabweichung;

Betrachtet man Tabelle 9, wird deutlich, dass die Männer im Durchschnitt einen schlechteren Level erreichten als die Frauen.

Vergleicht man die 14 vorverletzten Probanden mit den 36 Probanden ohne jegliche Vorverletzungen am Fuß schneiden die nicht vorverletzten Teilnehmer im Durchschnitt besser ab als die Vergleichsgruppe.

Ebenfalls einen besseren Koordinierungserfolg erreichten die nicht vorverletzten und sich zudem stabil fühlenden Probanden im Vergleich zu den vorverletzten oder sich instabil fühlenden Teilnehmern.

Betrachtet man die Gruppen der Vorverletzten und instabilen Probanden selbst und stellt den Mittelwert der linken und rechten Testdurchläufe gegenüber, ergibt sich folgende Tabelle.

Tabelle 10: Koordinierungserfolg aufgeteilt nach links und rechts sowie nach Verletzungshistorie

	Instabil links μ *	Instabil rechts μ *	Vorverletzt links μ *	Vorverletzt rechts μ *
Links	3,91	3,96	3,94	3,95
Rechts	3,94	3,88	4,00	3,98

*Legende: * μ =Mittelwert*

Probanden mit einer angegebenen Instabilität links zeigen links im Mittel mit 3,91 einen besseren Koordinierungserfolg als rechts mit 3,94.

Analog verhält es sich mit den Mittelwerten der instabilen Probanden rechts, sowie der vorverletzten Probanden links.

Im Folgenden soll untersucht werden, ob der Einfluss einer einseitig vorhandenen Instabilität oder Vorverletzung einen signifikanten Einfluss auf das MFT-Trainingslevel der jeweiligen Seite hat.

Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle 11 aufgezeigt.

Tabelle 11: Signifikanzniveaus des MFT Trainingslevel

		MFT-links^o	MFT-rechts^o
Linke Seite	Instabil vs. Nicht instabil	p=0,304	-
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	p=0,168	-
Rechte Seite	Instabil vs. Nicht instabil	-	p=0,278
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	-	p=0,068

Legende: ^oSignifikanzniveau errechnet mit t-Test für unabhängige Stichproben

Es wird deutlich, dass sich beim MFT-Trainingslevel weder auf der linken Seite noch auf der rechten Seite kein zum Niveau $p < 0,05$ signifikanter Unterschied durch eine Vorverletzung oder Instabilität der jeweiligen Seite ergibt.

Tabelle 12 gibt die unterschiedlich gemessenen Levelpunkte der vier absolvierten Versuche aller Probanden, differenziert nach Geschlecht, wieder.

Tabelle 12: Deskriptive Statistik zu den Ergebnissen der einzelnen Versuche der MFT Challenge Disc

	1.Versuch links	2.Versuch links	1.Versuch rechts	2.Versuch rechts
Frauen	3,71±0,43	3,31±0,52	3,74±0,46	3,27±0,58
Männer	4,04±0,37	4,02±0,41	4,01±0,45	3,76±0,47
Gesamt	3,88±0,43	3,67±0,59	3,89±0,47	3,52±0,58

Legende: Jeweils als Zahlenwerte dargestellt sind die Mittelwerte der Koordinierungserfolge sowie deren Standardabweichung

Es zeigt sich bei Betrachtung der ersten beiden Versuche mit dem linken Bein, dass das Trainingslevels sich bei beiden Geschlechtern verbessert.

Im Mittel ist eine Verbesserung sowohl bei den beiden mit links ausgeführten, als auch bei denen mit recht ausgeführten Versuchen, jeweils vom ersten zum zweiten Durchlauf zu sehen.

Im Folgenden dient die graphische Darstellung der jeweiligen kumulierten Häufigkeiten zur Veranschaulichung der Ergebnisse.

Abbildung 24 beinhaltet eine Übersicht der kumulierten relativen Häufigkeiten der erreichten Trainingslevels, jeweils getrennt nach Geschlecht.

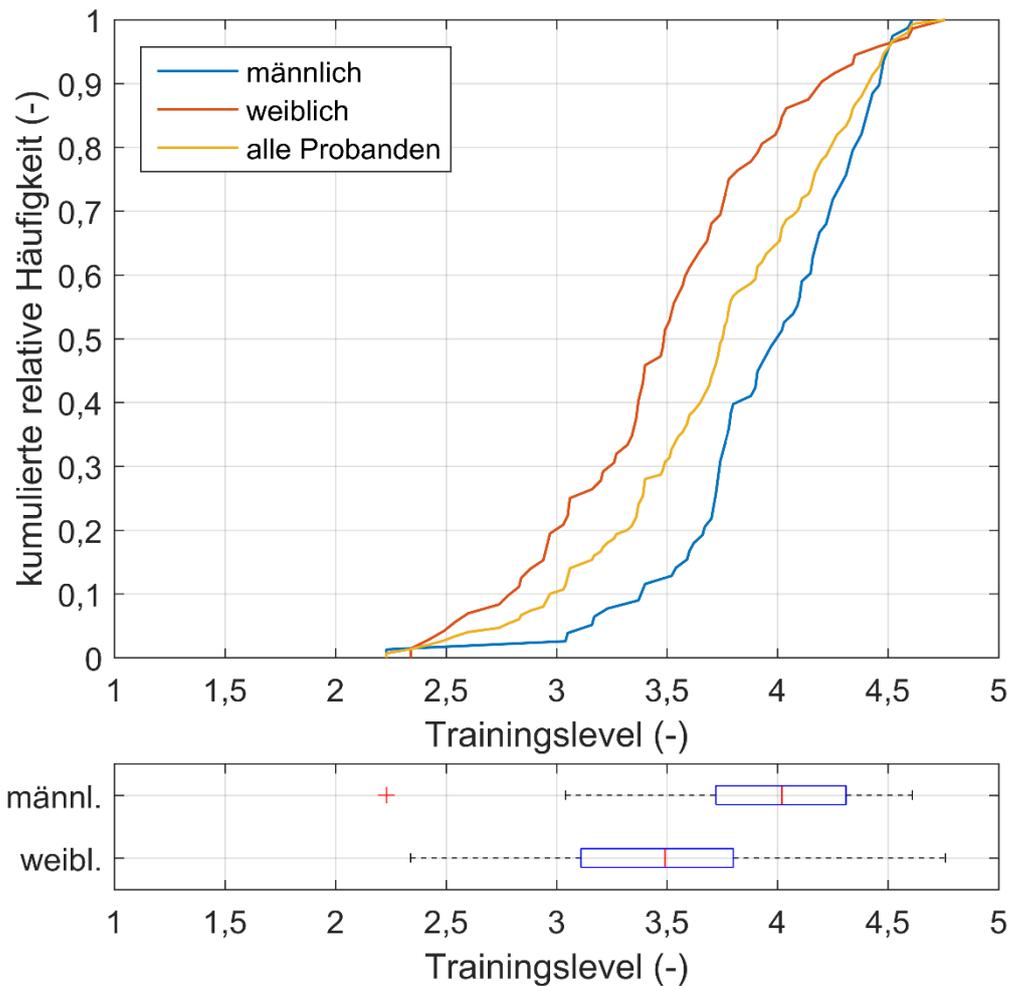


Abbildung 24: Kumulierte relative Häufigkeit der MFT-Trainingslevel im Vergleich Mann vs. Frau

In Abbildung 24 zu sehen sind drei farblich voneinander getrennte Kurven. Der rote Verlauf stellt den weiblichen, der blaue den männlichen und der gelbe Verlauf den gesamten Verlauf aller Probanden dar. Es zeigt sich, dass der Median der weiblichen Probanden ein höheres Trainingslevel aufweist als der Median der männlichen Probanden.

Wenn man die kumulierten relativen Häufigkeiten der jeweils ersten und zweiten Durchläufe in Beziehung zueinander setzt, erhält man die in Abbildung 25 dargestellten Kurven.

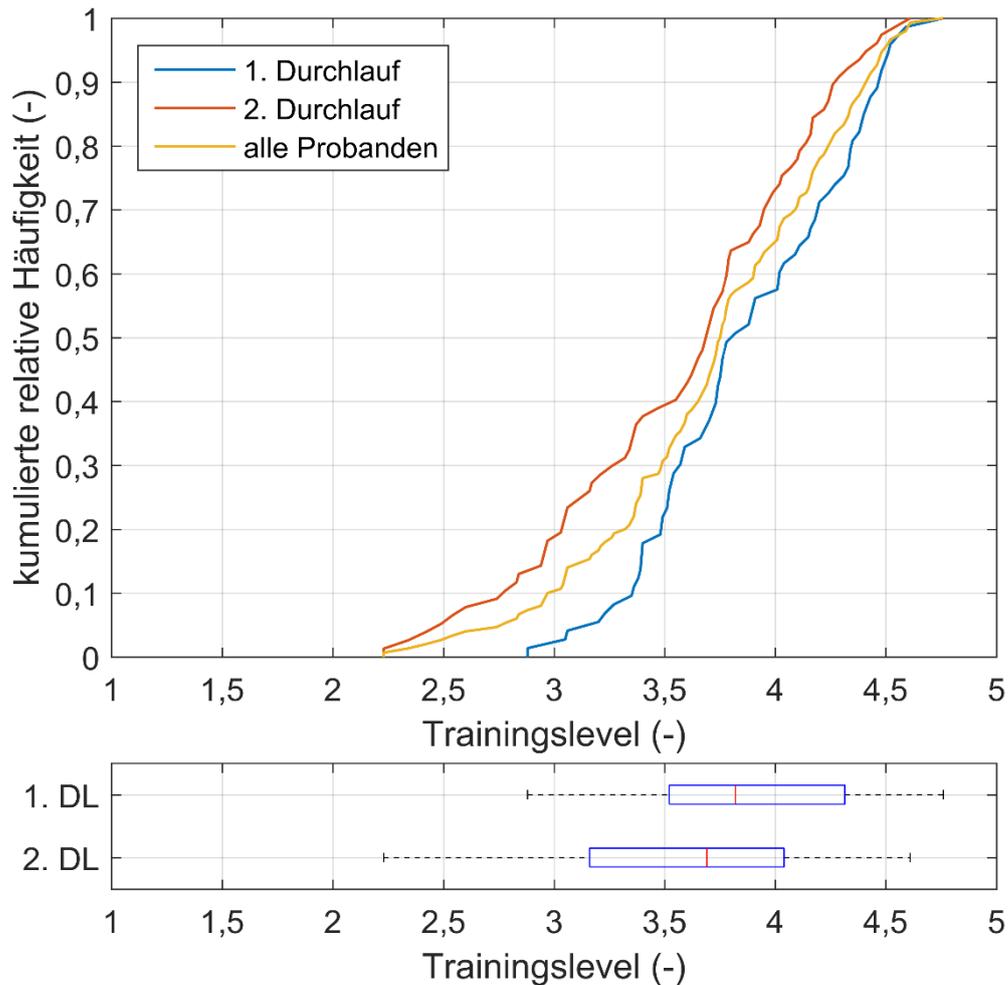


Abbildung 25: Kumulierte relative Häufigkeit der MFT-Trainingslevel im Vergleich der beiden Durchläufe (DL)

Werden die in Abbildung 25 kumulierten relativen Häufigkeiten der ermittelten MFT-Trainingslevels betrachtet, wird deutlich, dass die Ergebnisse der ersten Durchlaufs (erster Versuch links und erster Versuch rechts) ein schlechteres Trainingslevel als die zweiten Durchläufe erreichten.

Um einen möglichst deutlichen Effekt zu erkennen, werden in nachfolgender Abbildung zwei Gruppen gebildet:

- Gruppe A (nicht vorverletzt und stabil)
Diese Gruppe besteht ausschließlich aus Probanden, welche weder vorverletzt noch instabil sind.
- Gruppe B (vorverletzt oder instabil)

Diese Gruppe beinhaltet ausschließlich Probanden, welche vorverletzt oder instabil sind, oder beides (also Vorverletzt und Instabil)

In den graphischen Darstellungen entspricht der Legende „vorverletzt oder instabil“ jeweils einem vorverletzt und/oder instabil und bezieht sich auf das mathematische oder welches im mathematischen Gebrauch als und/oder definiert ist.

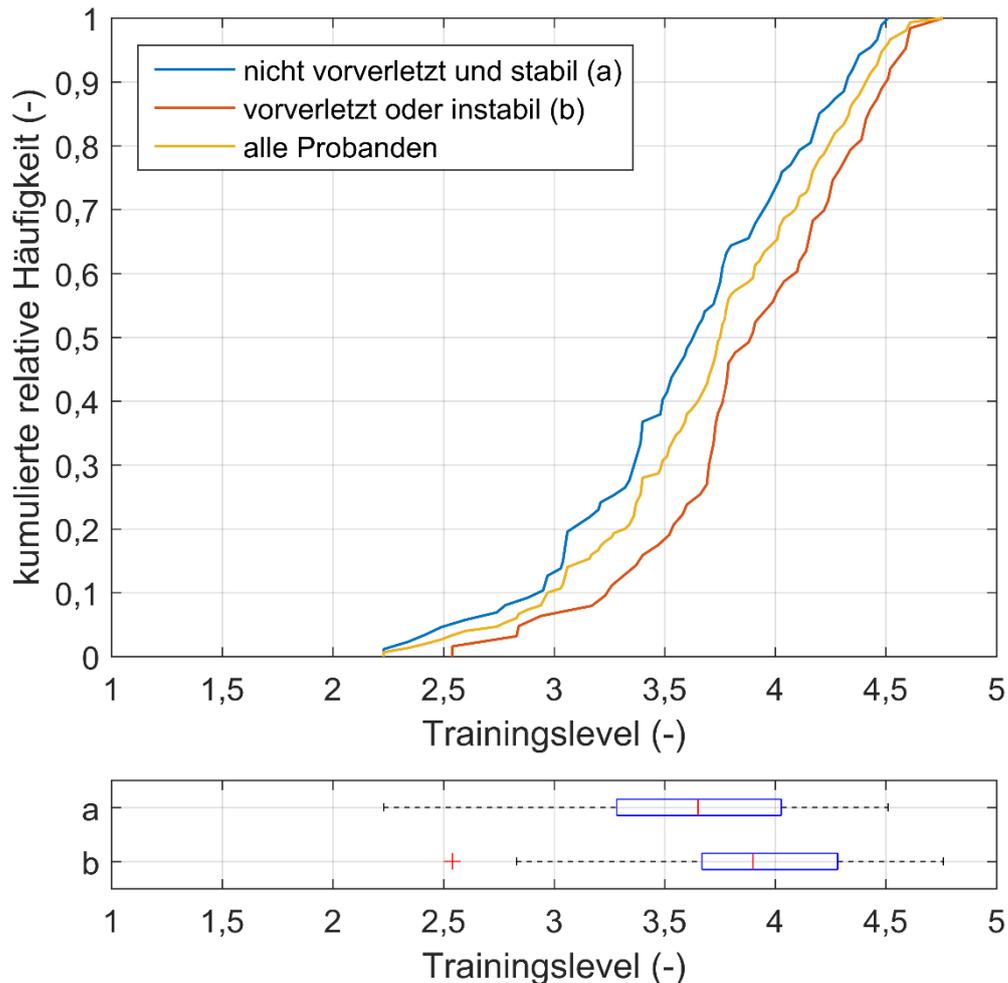


Abbildung 26: kumulierte relative Häufigkeit der MFT-Trainingslevel im Vergleich der Gruppen – vorverletzt oder instabil – und – nicht vorverletzt und stabil –

Es wird deutlich, dass die nicht vorverletzten und stabilen Probanden im Mittel ein besseres Trainingslevel aufweisen als die Gruppe der vorverletzten oder instabilen Probanden, allerdings unabhängig von der jeweilig betroffenen vorverletzten, bzw. instabilen Seite.

In Abbildung 27 wurden die Testergebnisse der rechten unteren Extremität mit denen der linken unteren Extremität verglichen.

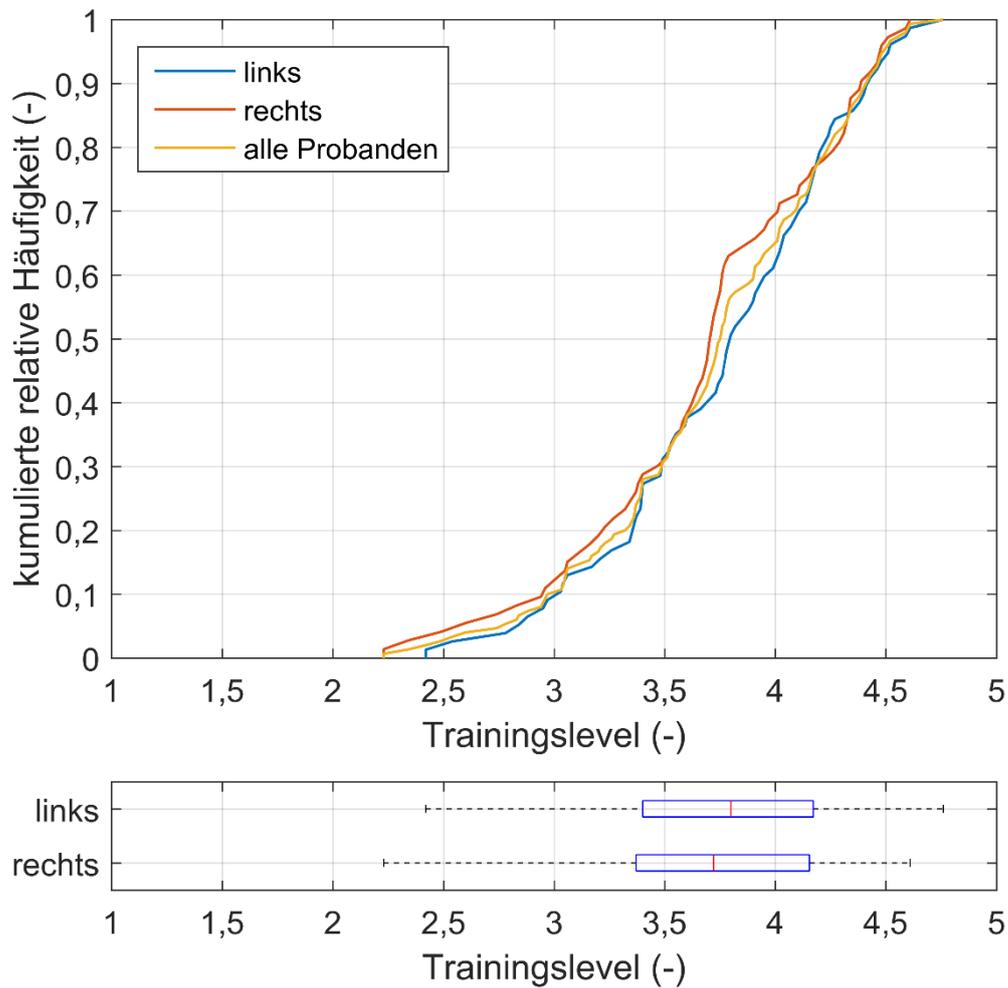


Abbildung 27: kumulierte relative Häufigkeit der MFT-Trainingslevel im Vergleich der Versuche linkes und rechtes Bein

Beim Vergleich der beiden Seiten zeigt sich eine nur geringfügige Abweichung in den Ergebnissen.

3.5 Ergebnisse zur Testung „Side-Hop“

In diesem Abschnitt wird auf die Ergebnisse der zweiten Testung Side Hop eingegangen. Beginnend mit einer Untersuchung auf Normalverteilung ist anschließend eine Übersicht in Form einer deskriptiven Statistik zu den einzelnen Ergebnissen dargestellt, jeweils eingeteilt in verschiedene Vergleichsgruppen.

Im Anschluss findet sich eine Abbildung der kumulierten relativen Häufigkeiten der Flugzeiten, Kontaktzeiten sowie der Gesamtzeiten, jeweils aufgeteilt nach dem Geschlecht.

3.5.1 Untersuchung auf Normalverteilung

Im Folgenden sollen die Gruppen „vorverletzt links / nicht vorverletzt links“, „vorverletzt rechts / nicht vorverletzt rechts“, „instabil links / nicht instabil links“ sowie „instabil rechts / nicht instabil rechts“ miteinander verglichen werden. Hierzu werden in einem ersten Schritt die jeweiligen Stichproben auf Normalverteilung überprüft.

Tabelle 13: Verteilung der Subgruppen in Bezug auf die gemessenen Zeiten des „Side-Hop“

		Side- Hop		
		Kontaktzeiten[°]	Flugzeiten[°]	Gesamtzeiten[°]
Instabil	0 (=nicht instabil links)	p<0,05	p=0,775*	p<0,05
	1(=instabil links)	p=0,006	p=0,131*	p=0,020
	0 (=nicht instabil rechts)	p<0,05	p=0,356*	p<0,05
	1(=instabil rechts)	p=0,004	p=0,175*	p=0,038
Vorverletzt	0 (=nicht vv links)	p<0,05	p=0,773*	p<0,05
	1(=vv links)	p=0,010	p=0,105*	p=0,046
	0 (=nicht vv rechts)	p<0,05	p=0,424*	p<0,05
	1(=vv rechts)	p=0,069*	p=0,347*	p=0,435*

Legende: ° Test auf Normalverteilung errechnet mit Shapiro-Wilk;

*p>0,05: Eine Normalverteilung kann angenommen werden

Es zeigt sich bei den Flugzeiten innerhalb aller Subgruppen, dass zum Niveau $p > 0,05$ eine Normalverteilung des jeweiligen Merkmals angenommen werden kann.

Ebenso verhält es sich mit allen drei gemessenen Zeiten (Kontakt-, Flug-, Gesamtzeit) der Subgruppe „vv rechts“.

Daher wird im Folgenden zur Untersuchung des Einflusses einer Vorverletzung bzw. einer Instabilität auf die Flugzeiten der t-Test bei Varianzhomogenität bzw. der Welch-Test bei Varianzinhomogenität angewandt und an der jeweiligen Stelle gezeigt.

Analog hierzu wird bei der Untersuchung des Einflusses der übrigen nicht normalverteilten Daten der Mann-Whitney-U-Test angewandt.

3.5.2 Übersicht der Ergebnisse des „Side-Hop“

Folgende Tabelle 14 zeigt eine Auflistung der mittleren Gesamt-, Kontakt- sowie Flugzeiten, jeweils aufgeteilt in verschiedene Vergleichsgruppen.

Tabelle 14: Deskriptive Statistik zu den Ergebnissen der Testung "Side-Hop"

	Gesamtzeiten $\mu \pm \sigma^*$	Kontaktzeiten $\mu \pm \sigma^*$	Flugzeiten $\mu \pm \sigma^*$
Männer/	0,383±0,131	0,266±0,063	0,149±0,035
Frauen	0,518±0,303	0,409±0,276	0,156±0,028
Vv/	0,406±0,153	0,293±0,102	0,147±0,028
nicht Vv	0,470±0,272	0,356±0,244	0,155±0,033
Instabil/	0,393±0,151	0,288±0,101	0,139±0,026
stabil	0,473±0,268	0,356±0,240	0,159±0,032
Vv oder i/	0,409±0,065	0,266±0,031	0,155±0,026
nicht Vv+ stabil:	0,483±0,284	0,367±0,257	0,158±0,033
Sportlich aktiv/	0,391±0,141	0,275±0,083	0,149±0,033
sportlich inaktiv:	0,542±0,325	0,432±0,298	0,158±0,029
Sportl.aktiv+ Vv oder I/	0,410±0,109	0,279±0,082	0,145±0,029
Sportl. Inaktiv+ Nicht	0,596±0,330	0,456 ±0,322	0,163±0,029
Vv oder I:			
Gesamt	0,416±0,163	0,300±0,112	0,152±0,031

Legende: $\mu \pm \sigma$: Mittelwert \pm Standardabweichung; Sportlich aktiv: >4h Sport/Woche; sportlich inaktiv < 4h Sport/Woche

Wie aus obiger Tabelle 14 entnommen werden kann, weisen Männer sowohl bei der Gesamtzeit, der Kontaktzeit wie auch der Flugzeit kürzere Zeiten auf als Frauen. Werden

die vorverletzten Probanden, mit den nicht vorverletzten Probanden verglichen, fällt auf, dass die 26 nicht vorverletzten Probanden in allen drei Zeiten im Mittel (Gesamtzeit, Kontaktzeit und Flugzeit) langsamer waren als die 14 bereits vorverletzten Teilnehmer (20 Vorverletzungen der Füße).

Analog hierzu verhielt es sich mit den 17 Probanden, welche keine Instabilitäten angaben. Auch sie schnitten in allen drei gemessenen Zeiten schlechter ab als die Vergleichsgruppe der 13 Probanden, welche vorab Instabilitäten angaben.

Betrachtet man die Gruppe der Vorverletzungen mit gleichzeitig vorliegenden Instabilitäten (15 Probanden) und vergleicht diese mit der Gruppe der Instabilitäten ohne Vorverletzung (3 Probanden), wird deutlich, dass jene mit Vorverletzung oder Instabilität in allen drei Zeiten schlechter abschnitten als die Vergleichsgruppe. Unterscheidet man nun zusätzlich noch zwischen dem sportlichen Niveau der Probanden, zeigt sich, dass jene Probanden welche mehr als 4 Stunden pro Woche Sport treiben schneller waren als Probanden mit weniger als 4 Stunden Sport pro Woche.

Im Anschluss ist eine weitere Darstellung der Gesamtzeiten, Kontaktzeiten sowie Flugzeiten aller Probanden dargestellt, jeweils unterteilt in die vier nacheinander aufgeführten Versuche der Testung Side-Hop.

Tabelle 15: Deskriptive Statistik zu den Ergebnissen der einzelnen Versuche der Testung „Side-Hop“

	Gesamtzeiten $\mu \pm \sigma$	Kontaktzeiten $\mu \pm \sigma$	Flugzeiten $\mu \pm \sigma$
1. Versuch links	0,438±0,173	0,317±0,122	0,160±0,031
2. Versuch links	0,413±0,175	0,296±0,133	0,152±0,030
1. Versuch rechts	0,417±0,163	0,302±0,109	0,151±0,032
2. Versuch rechts	0,396±0,137	0,284±0,074	0,146±0,030
Gesamt	0,416±0,163	0,300±0,112	0,152±0,031

Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Mittelwerte der Gesamtzeit, Kontaktzeit sowie auch Flugzeit der vier Durchgänge der Testung.

In allen drei Zeiten ist eine durchschnittliche Verbesserung vom zweiten zum ersten Versuch zu erkennen. Bei der Gesamtzeit wurden im Durchschnitt die schnellsten Zeiten beim zweiten Versuch rechts, die langsamsten beim ersten Versuch links ermittelt. Die Kontakt- und Flugzeiten sind analog zu interpretieren.

3.5.3 Analyse der Flugzeiten der Testung „Side-Hop“

In diesem Abschnitt wird untersucht, inwiefern sich auf Basis der empirischen Daten eine analytische Verteilungsfunktion ableiten lässt. In einem ersten Schritt wird daher zunächst das Histogramm der Daten untersucht und in einem zweiten Schritt untersucht, ob beispielsweise eine Gaußsche Normalverteilung über diese Daten gelegt werden kann.

Die Wahrscheinlichkeit P für das Auftreten des Wertes x beträgt unter Annahme einer Gaußschen Normalverteilung

$$P(X = x|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \sigma \cdot \mu}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}}$$

Hierbei stellt μ den Mittelwert oder Lageparameter der Verteilungsfunktion und σ die Standardabweichung dar. $P(X = x|\mu, \sigma)$ stellt dann entsprechend die Wahrscheinlichkeit dar, dass die Zufallsvariable X , gegeben μ und σ , den Wert x annimmt.

Nachstehende Abbildung zeigt das Histogramm derjenigen Zeit, welche alle Probanden im Mittel „in der Luft“ verbracht haben. Mit anderen Worten handelt es sich hierbei um die Flugzeit aller Probanden. Zudem ist in nachstehender Abbildung die entsprechende, an diesen Daten angenäherte Normalverteilung dargestellt.

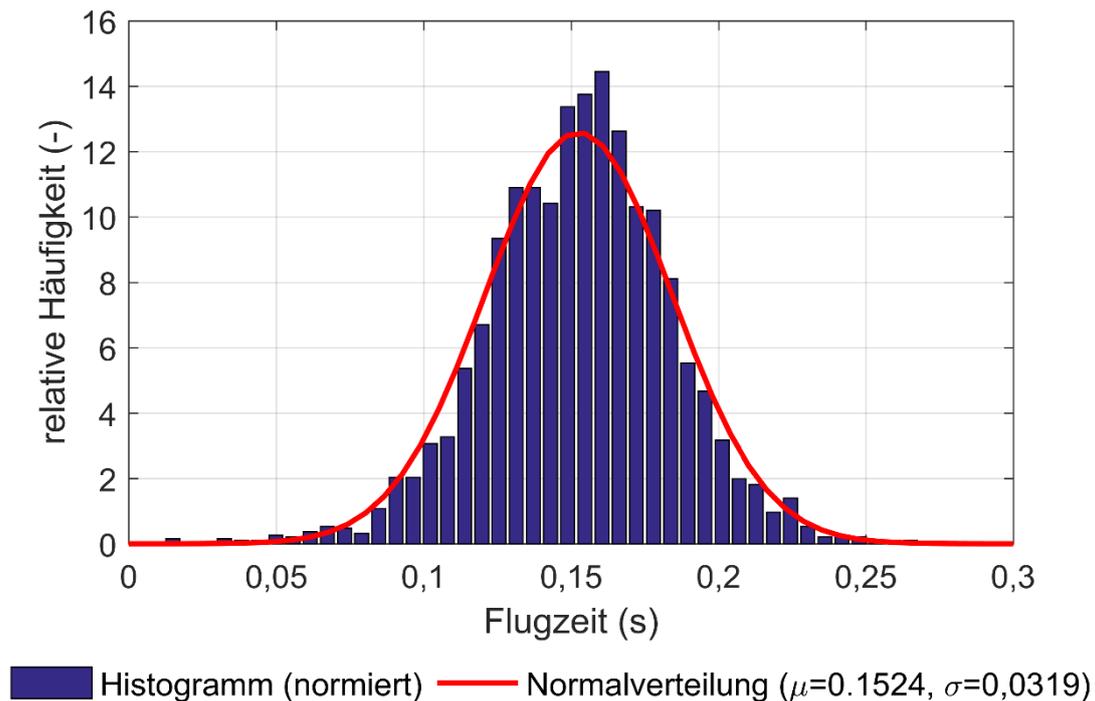


Abbildung 28: Histogramm der Flugzeiten aller Probanden sowie angepasste Normalverteilung

Wie schon anhand der Mittelwerte in Abschnitt 3.5.2 dargestellt, beträgt die mittlere Flugzeit aller Probanden 0,1524 Sekunden bei einer Standardabweichung von 0,0319 Sekunden. Das 95%-Konfidenzintervall weist die Grenzen 0,09 bzw. 0,21 auf (mit anderen Worten ist die Flugzeit für 95% aller Probanden zwischen 0,09 und 0,21 Sekunden). Die ebenfalls dargestellte Normalverteilung zeigt generell eine gute Übereinstimmung mit den empirischen Daten.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, behandelnden Ärzten zur Einschätzung der Leistungsfähigkeit ihrer Patienten eine Vergleichsgrundlage in Form von Referenzwerten zu geben. Hierzu ist die dargestellte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion zwar prinzipiell geeignet, allerdings für den praktischen Gebrauch tendenziell ungeeignet.

Aus diesem Grund wird nachfolgend die kumulierte relative Häufigkeit dargestellt. Hierbei wird die Darstellung derart gewählt, dass für eine gegebene Flugzeit abgelesen werden kann, wieviel Prozent der im Rahmen der vorliegenden Arbeit getesteten Probanden besser bzw. schlechter waren als der zu beurteilende Patient.

Um die Verteilung noch besser einschätzen zu können, wird zudem noch ein Boxplot der empirisch erhobenen Flugzeiten dargestellt.

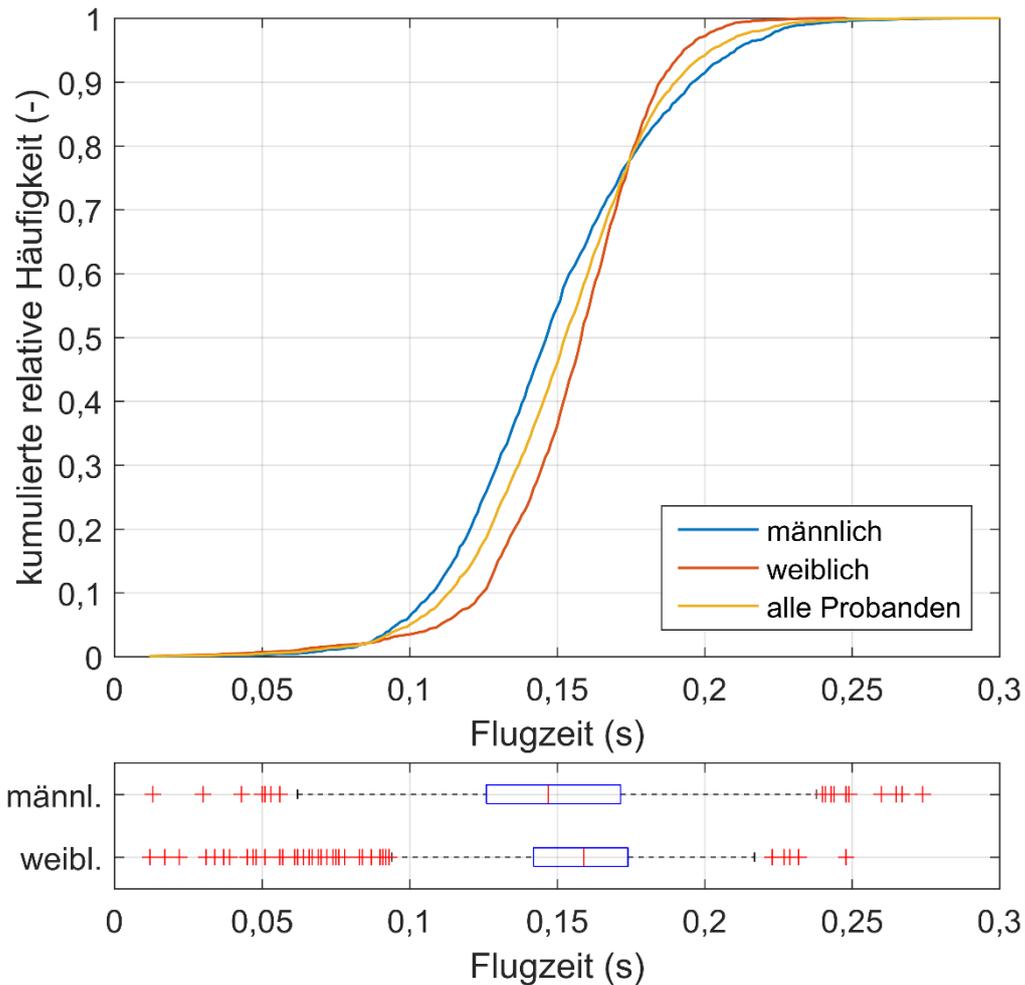


Abbildung 29: Kumulierte relative Häufigkeit der Flugzeiten und Boxplot

Weist ein Patient zum Beispiel eine mittlere Flugzeit von ca. 0,2 Sekunden auf, zeigt sich, dass ca. 95% der untersuchten Probanden eine geringere Flugzeit hatten. Auf Basis der gezeigten Abbildung wird zudem deutlich, dass der Median der männlichen Probanden eine kürzere Flugzeit aufwies als der Median der weiblichen Probanden.

Im Folgenden soll nun untersucht werden, ob der Einfluss einer einseitig vorhandenen Instabilität oder Vorverletzung nun einen signifikanten Einfluss auf die Flugzeit der jeweiligen Seite hat.

Tabelle 16: Signifikanzniveau der Flugzeit links und rechts

		Flugzeit links [°]	Flugzeit rechts [°]
Linke Seite	Instabil vs. Nicht instabil	p=0,078	-
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	p=0,326	-
Rechte Seite	Instabil vs. Nicht instabil	-	p=0,450
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	-	p=0,529

Legende: [°] Signifikanzniveau errechnet mit t-Test für unabhängige Stichproben

Es zeigt sich, dass sich bei den Flugzeiten weder auf der linken Seite noch auf der rechten Seite ein zum Niveau $p < 0,05$ signifikanter Unterschied durch eine Vorverletzung oder Instabilität der jeweiligen Seite ergibt.

3.5.4 Analyse der Kontaktzeiten der Testung „Side-Hop“

Nachdem nun die Flugzeiten ausführlich betrachtet wurden, gilt es in einem nächsten Schritt die Kontaktzeiten genauer zu analysieren. Abbildung 30 zeigt ein Histogramm der einzelnen Kontaktzeiten aller Probanden.

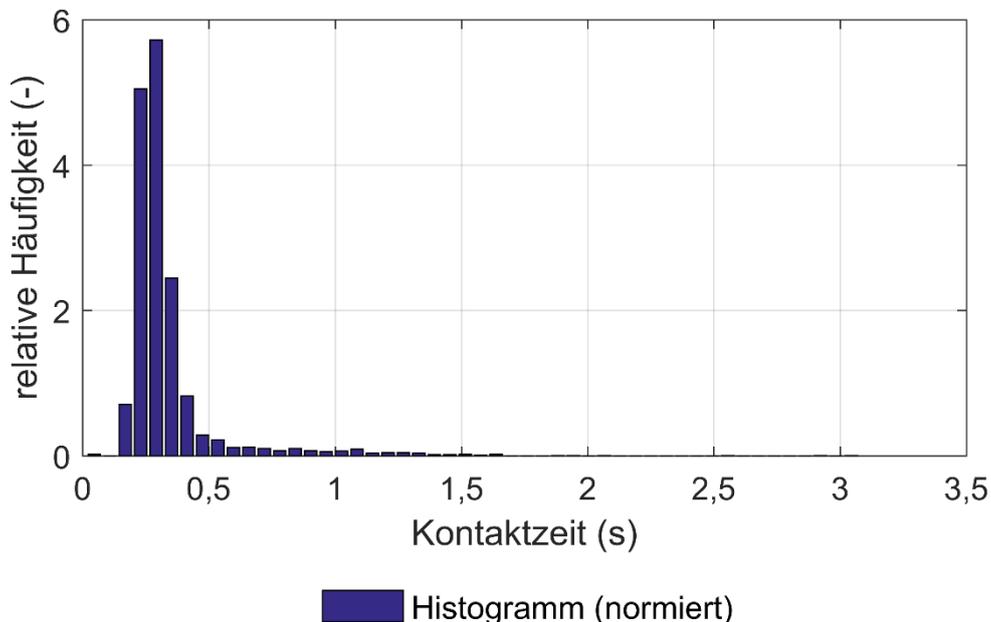


Abbildung 30: Histogramm der Kontaktzeiten aller Probanden

Wie Abbildung 30 näherungsweise entnommen werden kann, beträgt die mittlere Kontaktzeit aller Probanden ca. 0,28 Sekunden. Es zeigt sich zudem, dass die übrigen Kontaktzeiten nur geringfügig um diesen Wert streuen ($\sigma = 0,082$ Sekunden). Entsprechend zeigt sich auch nachfolgend in Abbildung 31 der Verlauf für die kumulierte relative Häufigkeit für die Kontaktzeiten.

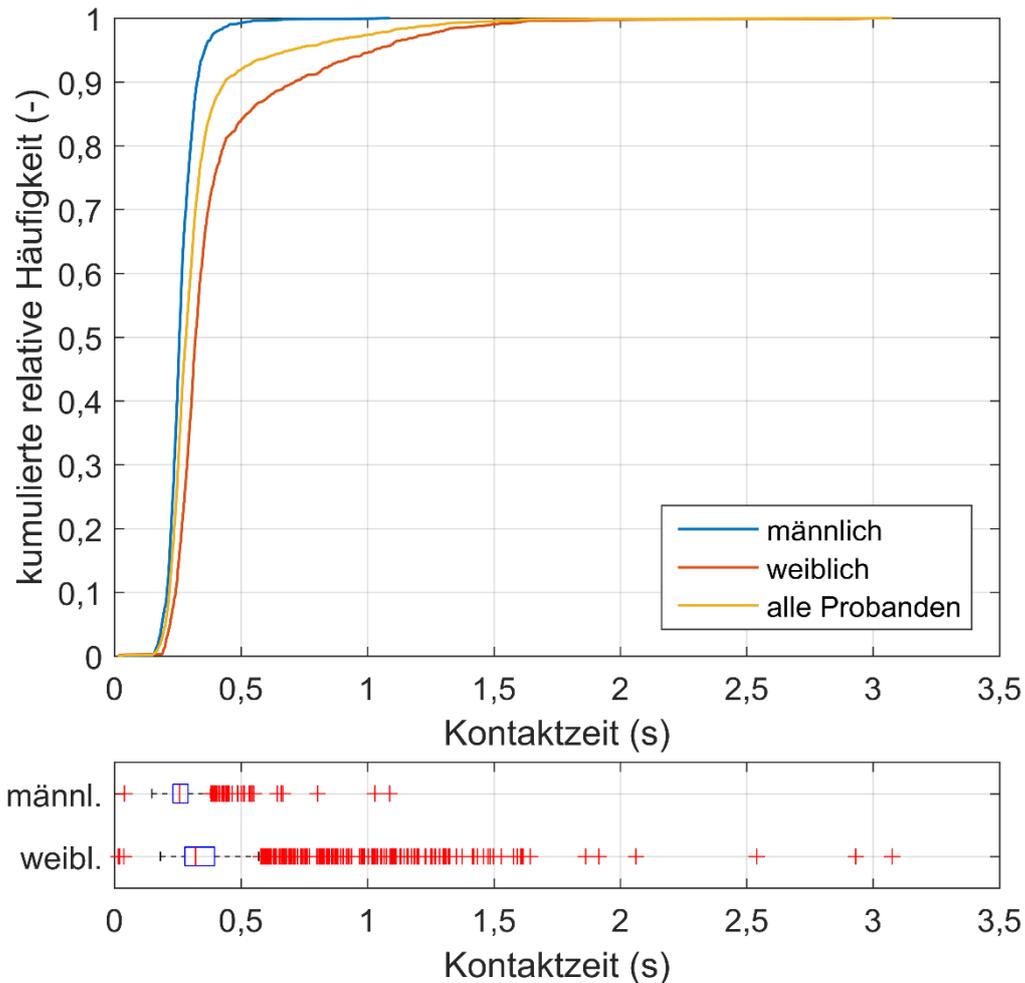


Abbildung 31: Kumulierte relative Häufigkeit der Kontaktzeiten und Boxplot

Während die minimale Kontaktzeit ca. 0,02 Sekunden betragen hat, liegt das absolute Maximum bei ca. 3,1 Sekunden. Auffällig ist zudem, dass die männlichen Probanden mit einer Median-Kontaktzeit von ca. 0,26 Sekunden unter der Median-Kontaktzeit der weiblichen Probanden mit 0,32 Sekunden liegt.

Im folgender Tabelle 17 soll wiederum untersucht werden, ob eine einseitig vorhandene Instabilität oder Vorverletzung einen signifikanten Einfluss auf die Kontaktzeiten der jeweiligen Seite hat.

Tabelle 17: Signifikanzniveau der Kontaktzeit links und rechts

		Kontaktzeit links^o	Kontaktzeit rechts^o
Linke Seite	Instabil vs. Nicht instabil	p=0,455	-
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	p=0,373	-
Rechte Seite	Instabil vs. Nicht instabil	-	p=0,553
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	-	p=0,396

Legende: ^oSignifikanzniveau errechnet mit Mann-Whitney-U-Test;

Es zeigt sich, dass sich bei den Kontaktzeiten weder auf der linken Seite noch auf der rechten Seite ein zum Niveau $p < 0,05$ signifikanter Zusammenhang durch eine Vorverletzung oder Instabilität der jeweiligen Seite ergibt.

3.5.5 Analyse der Gesamtzeit der Testung „Side-Hop“

Im Rahmen dieses Abschnitts wird die Gesamtzeit der Testungen ausgewertet. Als Gesamtzeit wird hierbei die Summe aller Kontakt- und Flugzeiten eines Probanden bezeichnet.

Nachfolgende Abbildung 32 zeigt die relative Häufigkeit der im Rahmen dieser Studie erhobenen Gesamtzeiten.

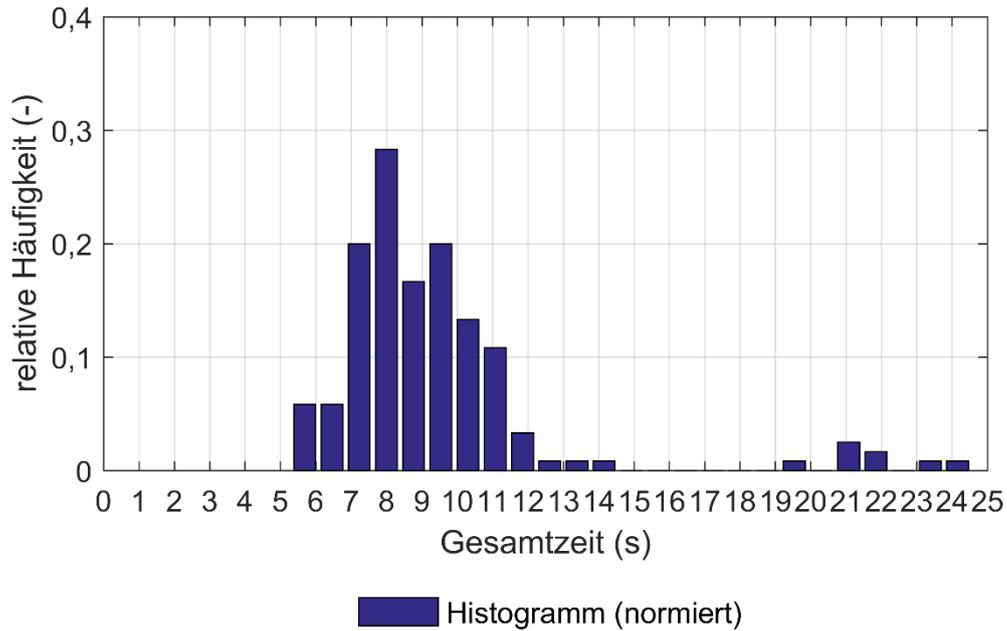


Abbildung 32: Histogramm der Gesamtzeit aller Probanden sowie angepasste Normalverteilung

Es zeigt sich, dass die Gesamtzeit mit einer Standardabweichung von ca. 3,7 Sekunden verhältnismäßig stark um den Mittelwert der Gesamtzeit von 9,6 Sekunden streut. Die kumulierte relative Häufigkeit ist in Abbildung 33 dargestellt.

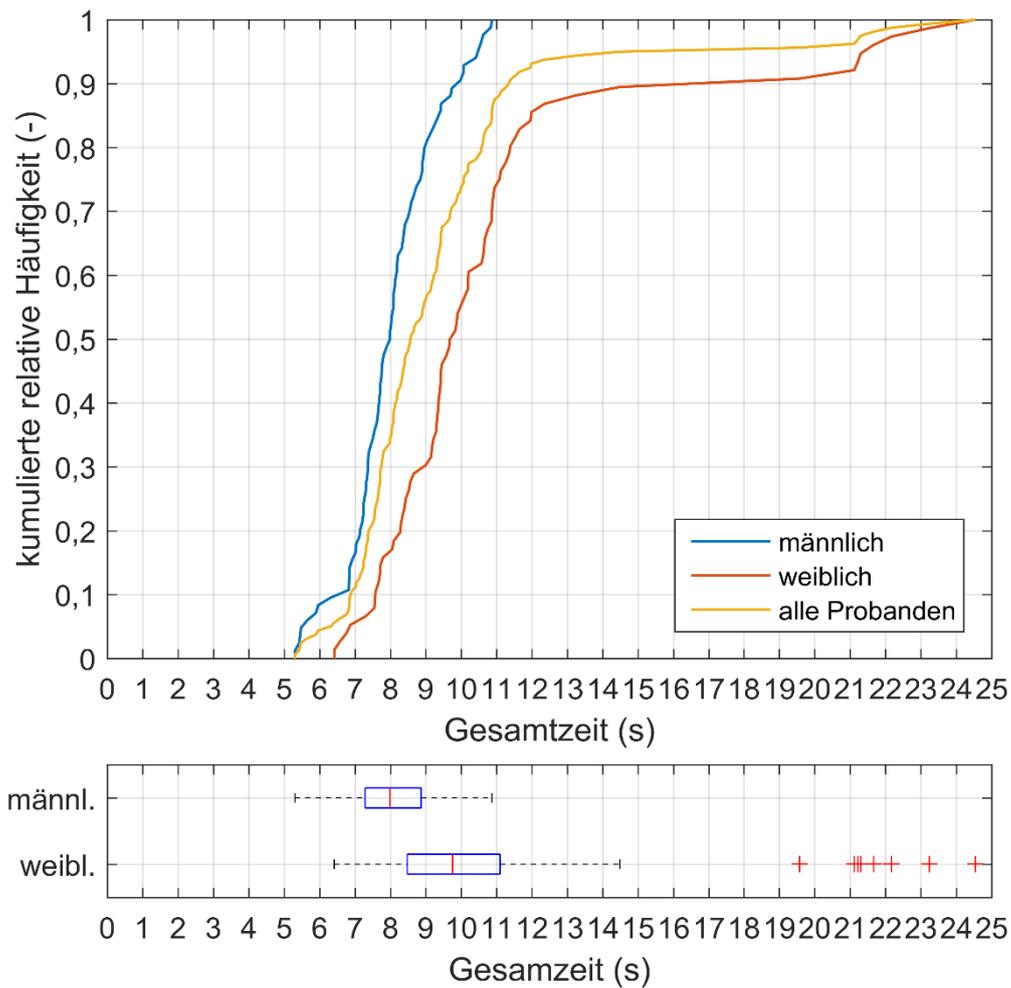


Abbildung 33: Kumulierte relative Häufigkeit der Gesamtzeit und Boxplot

Bei der kumulierten Häufigkeit der Gesamtzeit zeigt sich wie schon im Histogramm deutlich ersichtlich eine relativ große Streuung.

Die Gesamtzeiten der Männer zeigen eine schnellere Zeit als jene der Frauen.

Nachfolgende Tabelle vergleicht für die vorverletzten oder instabilen Probanden die Messergebnisse, getrennt nach linkem und rechtem Fuß.

Tabelle 18: Gesamtzeiten, jeweils differenziert nach links und rechts sowie nach Verletzungshistorie

Gesamtzeiten	Instabil links μ	Instabil rechts μ	Vorverletzt links μ	Vorverletzt rechts μ	Gesund
Links	8,62	8,86	8,70	9,34	10,32
Rechts	8,14	8,80	8,22	9,12	9,96
Differenz	-0,48	-0,06	-0,48	-0,22	-0,36

Legende: Dargestellt ist die jeweilige Gesamtzeit als Mittelwert

Es zeigt sich beim Vergleich der Seiten, dass über alle Probanden, unabhängig von einer etwaigen Vorverletzung oder Instabilität die linke Seite langsamer als die rechte Seite war. Zudem fällt auf, dass nur eine linksseitige Instabilität oder Vorverletzung zu einem schlechteren Ergebnis auf der linken Seite führt. Die rechte Seite verhält sich hierzu umgekehrt.

Auch in Bezug auf die Gesamtzeiten soll nun im Folgenden untersucht werden, ob der Einfluss einer einseitig vorhandenen Instabilität oder Vorverletzung einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtzeit der jeweiligen Seite hat.

Tabelle 19: Signifikanzniveau der Gesamtzeiten links und rechts

		Gesamtzeit links[°]	Gesamtzeit rechts[°]
Linke Seite	Instabil vs. Nicht instabil	p=0,148	-
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	p=0,224	-
Rechte Seite	Instabil vs. Nicht instabil	-	p=0,972
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	-	p=0,415

Legende: [°] Signifikanzniveau errechnet mit Mann-Whitney-U-Test

Es zeigt sich, dass sich bei den Gesamtzeiten weder auf der linken Seite noch auf der rechten Seite ein zum Niveau $p < 0,05$ signifikanter Zusammenhang durch eine Vorverletzung oder Instabilität der jeweiligen Seite ergibt.

3.6 Ergebnisse zur Testung „Speedcourt Lateral-Speed“

Folgendes Kapitel zeigt die Ergebnisse der dritten Testung, Speedcourt L-Speed, beginnend mit der Testung auf Normalverteilung sowie einer deskriptiven Statistik im Überblick und anschließender Analyse der Wende- und Gesamtzeiten.

Es wurden in allen Testungen auf dem Speedcourt jeweils zwei Zeiten erhoben, welche im Folgenden näher erläutert werden sollen:

- Wendezeit
Die Wendezeit ist diejenige Zeit, welche ein Proband auf der jeweiligen Kontaktplatte für einen Richtungswechsel verbracht hat.
- Gesamtzeit
Die Gesamtzeit ist diejenige Zeit, welcher ein Proband zur Absolvierung der gesamten Testung benötigt hat

Beim „L-Speed“ waren jeweils nur die Felder 5, 6 und 7 aktiv. Beim „M-Speed“ waren alle Felder aktiv (jedoch wurde als Mittelfeld nur das Feld 4 aktiviert, die Felder 1 bis 3 blieben ohne Funktion).

3.6.1 Untersuchung auf Normalverteilung

Zu Beginn erfolgt im Folgenden erneut eine Prüfung der Stichproben auf Normalverteilung der Wendezeiten.

Tabelle 20: Verteilung der Subgruppen in Bezug auf die Wendezeiten beim L-Speed

		Wendezeiten L-Speed[°]	
Instabil	0 (=nicht instabil links)		p=0,004*
	1(=instabil links)		p=0,489
	0 (=nicht instabil rechts)		p=0,238
	1(=instabil rechts)		p=0,262
Vorverletzt	0 (=nicht vv links)		p=0,004*
	1(=vv links)		p=0,931
	0 (=nicht vv rechts)		p=0,083
	1(=vv rechts)		p=0,360

Legende: ° Test auf Normalverteilung errechnet mit Shapiro-Wilk

Es zeigt sich bei den Wendezeiten innerhalb der Subgruppen „nicht instabil links“ sowie „nicht vorverletzt links“, dass jeweils zum Niveau $p < 0,05$ keine Normalverteilung angenommen werden kann. Die übrigen Subgruppen liegen in Bezug auf die Wendezeiten normalverteilt vor. Diese Verteilungen werden im Folgenden bei den jeweiligen Kapiteln zur Berechnung der Signifikanz berücksichtigt.

3.6.2 Deskriptive Statistik im Überblick

In diesem Abschnitt wird auf die Ergebnisse der ersten Testungen auf dem Speedcourt, dem L-Speed, eingegangen. Nachfolgend dargestellt ist Tabelle 21, welchen einen Überblick über die Mittelwerte und Standardabweichungen der Gesamtzeiten, sowie der Wendezeiten, unterteilt in bereits aus den vorherigen Ergebnissen bekannte Vergleichsgruppen, gibt.

Tabelle 21: Mittelwert und Standardabweichung der Gesamt- und Wendezeiten

	Gesamtzeiten	Wendezeiten
	$\mu \pm \sigma$	$\mu \pm \sigma$
Männer / Frauen	34,305±3,869	0,280±0,060
Vv/ Nicht Vv	33,231±11,881	0,311±0,089
Instabil/ Stabil	39,657±7,169	0,325±0,096
Instabil/ Stabil	33,297±13,113	0,281±0,045
Vv oder Instabil/ Nicht Vv+ stabil	39,459±7,233	0,334±0,095
Vv oder Instabil/ Nicht Vv+ stabil	35,905±8,015	0,274±0,065
Sportlich aktiv / sportlich inaktiv	40,114±7,411	0,338±0,095
Sportlich aktiv / sportlich inaktiv	36,360±5,141	0,280±0,067
Sportl.aktiv+ Vv oder I/ Sportl. Inaktiv+ Nicht Vv oder I	41,599±10,385	0,361±0,098
Sportl.aktiv+ Vv oder I/ Sportl. Inaktiv+ Nicht Vv oder I	36,768±5,189	0,271±0,066
Sportl.aktiv+ Vv oder I/ Sportl. Inaktiv+ Nicht Vv oder I	44,030±7,053	0,380±0,097
Gesamt	38,325±7,906	0,311±0,089

Legende: Sportlich aktiv: >4h Sport/Woche; sportlich inaktiv < 4h Sport/Woche

Sowohl in den Gesamtzeiten, als auch in den Wendezeiten zeigt sich eine deutliche Überlegenheit der Männer gegenüber der Frauen.

In den Gesamtzeiten waren die Männer im Mittel ca. 8,5 Sekunden schneller als die Frauen. Analog hierzu betrug die Differenz bei den Wendezeiten 0,065s zugunsten der Männer.

Ein weiterer Unterschied zeigte sich mit 5,239s Differenz in der Gesamtzeit beim Vergleich zwischen den sportlich aktiven Probanden zu jenen, welche sich als sportlich inaktiv mit unter 4 Stunden Sport pro Woche bezeichneten.

Auch bei den Wendezeiten unterschieden sich eben genannte Gruppen um 0,081s.

Nachfolgend ist in Tabelle 22 zudem ein Vergleich der linken und rechten Wendezeit dargestellt:

Tabelle 22: Mittelwert und Standardabweichung der Wendezeit rechts und links

	Wendezeit rechts $\mu \pm \sigma$	Wendezeit links $\mu \pm \sigma$
Nicht Vv+ stabil	3,190±0,966	3,278±1,083
Vv rechts	2,788±0,805	2,848±0,427
Vv links	2,705±0,601	2,837±0,598
Instabil rechts	2,582±0,542	2,612±0,538
Instabil links	2,652±0,533	2,746±0,602
Gesamt	2,978±0,900	3,049±0,947

Alle oben dargestellten Vergleichsgruppen weisen bei den Wendezeiten rechts gegenüber links nur geringfügig schnellerer Werter auf, unabhängig von deren Verletzungshistorie.

3.6.3 Analyse der Wendezeit

In diesem Abschnitt wird die Wendezeit der Probanden analysiert. Die im Folgenden skizzierte Abbildung zeigt die kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert nach Männern und Frauen sowie die entsprechenden Boxplots.

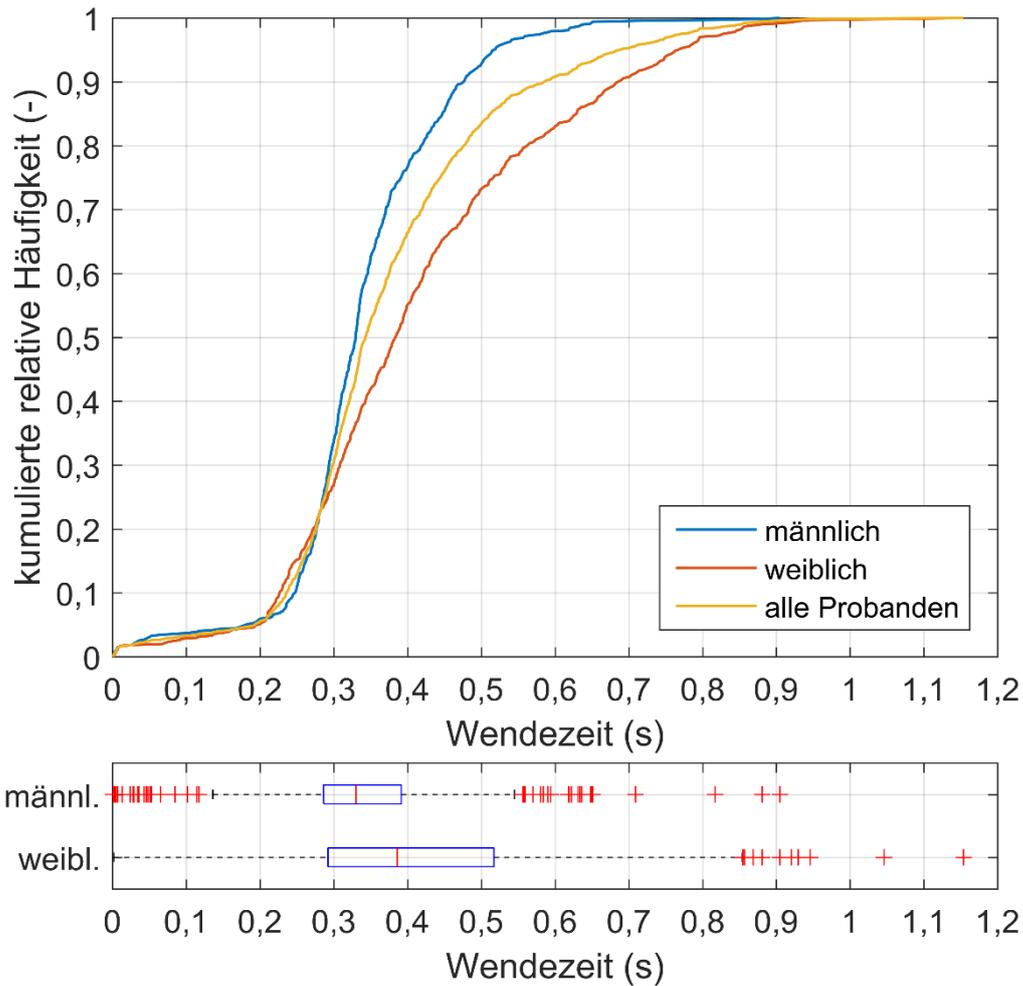


Abbildung 34: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert nach Männern und Frauen

Wie bereits in Abschnitt 3.5.1. beschrieben, liegt die Wendezeit der männlichen Probanden unter derjenigen der weiblichen Probanden.

In folgender Abbildung wird zwischen der rechten und linken Wendezeit differenziert. Hierbei bezeichnet die linke Wendezeit diejenige Zeit, welche der Proband zum Wenden auf dem Feld 5 verbracht hat. Die rechte Wendezeit entspricht analog hierzu der Verweildauer auf Feld 7.

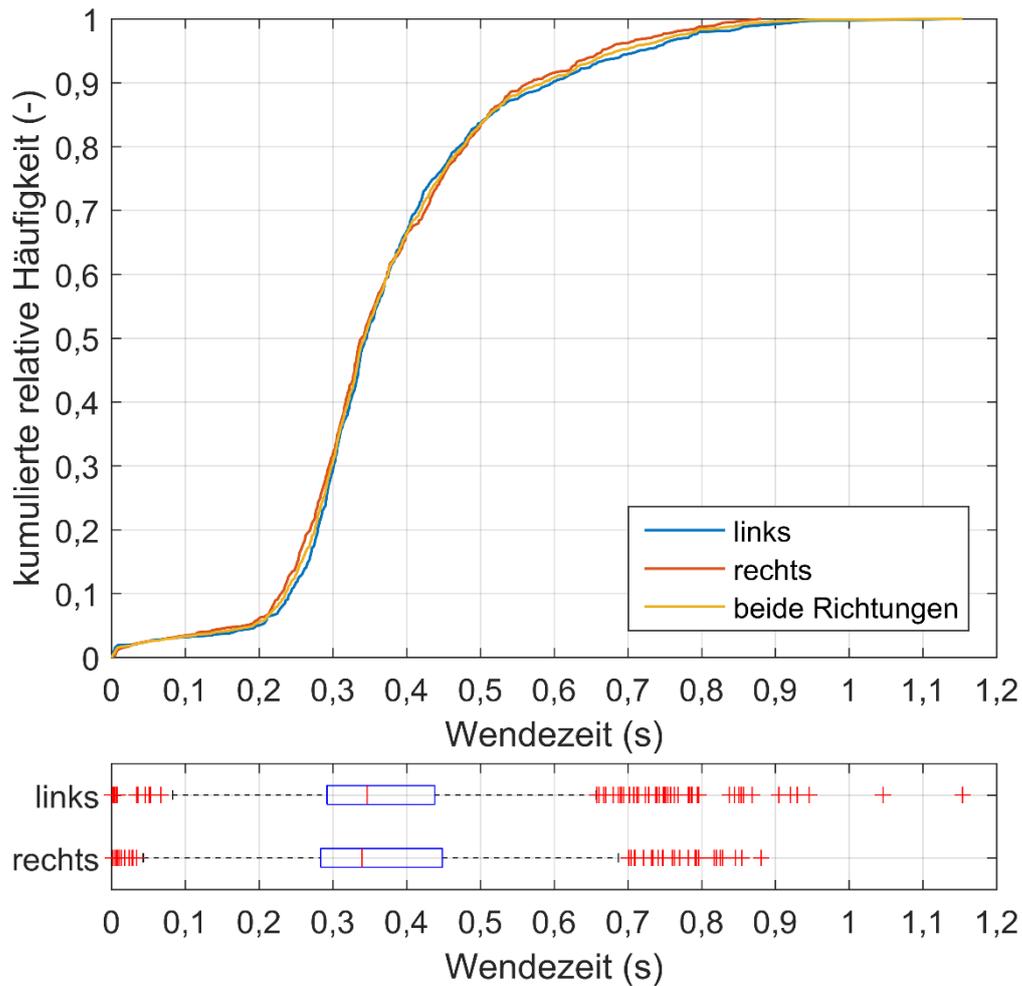


Abbildung 35: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert nach linker und rechter Wendezeit

Anhand der kumulierten relativen Häufigkeit ist keine offensichtliche Unterscheidung zwischen den beiden Seiten rechts und links möglich. Die Kurven der rechten wie auch der linken Seite verlaufen sehr ähnlich.

Werden die Wendezeiten der beiden Gruppen nicht vorverletzt und stabil mit der Gruppe der vorverletzt und/oder instabilen Probanden ergibt sich folgende Darstellung.

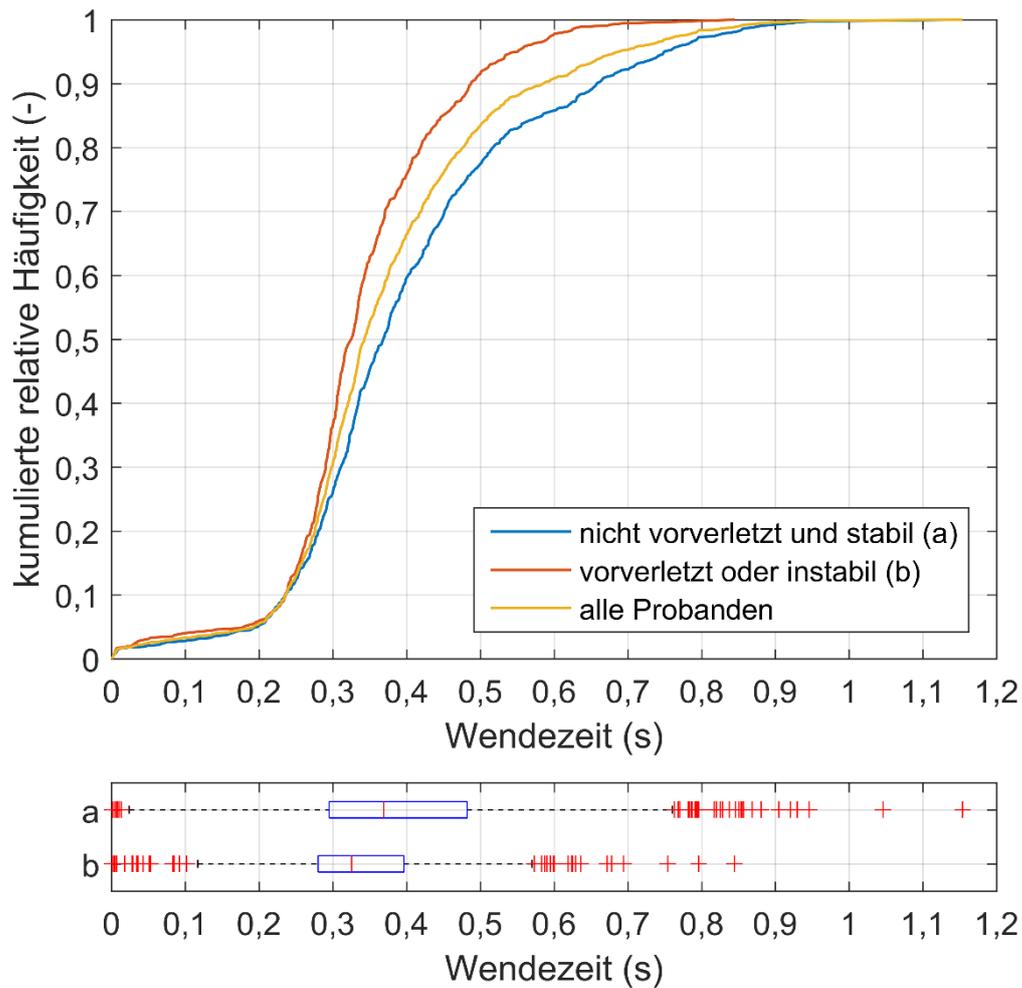


Abbildung 36: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert zwischen den Gruppen – instabil oder vorverletzt – sowie – stabil und unverletzt –

Im Mittel zeigen die als nicht vorverletzt und als stabil klassifizierten Probanden langsamere Wendezeit als jene, welche zur Gruppe der vorverletzten und/oder als instabilen Probanden gezählt wurden.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für eine links- bzw. rechtsseitige Vorverletzung oder Instabilität im Vergleich beider Seiten.

Tabelle 23: Wendezeiten, differenziert nach links und rechts sowie nach Verletzungshistorie

	Instabil links μ	Instabil rechts μ	Vorverletzt links μ	Vorverletzt rechts μ	Gesund
Wendezeit links	2,746	2,612	2,837	2,848	3,278
Wendezeit rechts	2,652	2,582	2,705	2,788	3,190
Differenz	-0,094	-0,030	-0,132	-0,060	-0,088

Legende: Dargestellt ist die jeweilige Wendezeit als Mittelwert

Bei den Wendezeiten zeigte sich links im Vergleich zu rechts unabhängig von der Verletzungshistorie eine schnellere durchschnittliche Zeit.

In Tabelle 24 soll wiederum untersucht werden, ob eine Instabilität (Vorverletzung) auf der linken bzw. rechten Seite einen signifikanten Einfluss auf die Wendezeit der linken bzw. rechten Seite hat.

Tabelle 24: Signifikanzniveau der Wendezeiten links und rechts

		Wendezeit links^o	Wendezeit rechts[‘]
Linke Seite	Instabil vs. Nicht instabil	p=0,185	-
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	p=0,550	-
Rechte Seite	Instabil vs. Nicht instabil	-	p=0,540
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	-	p=0,346

Legende: ^oSignifikanzniveau errechnet mit Mann-Whitney-U-Test;

[‘]Signifikanzniveau errechnet mit t-Test für unabhängige Stichproben

Es wird deutlich, dass eine Vorverletzung oder Instabilität weder auf der linken Seite noch auf der rechten Seite einen zum Niveau $p < 0,05$ signifikanten Einfluss auf die Wendezeiten hat.

3.6.4 Analyse der Gesamtzeit

Analog zur Analyse der Wendezeiten folgt nun in einem letzten Schritt eine Analyse der Gesamtzeit, differenziert nach dem Geschlecht.

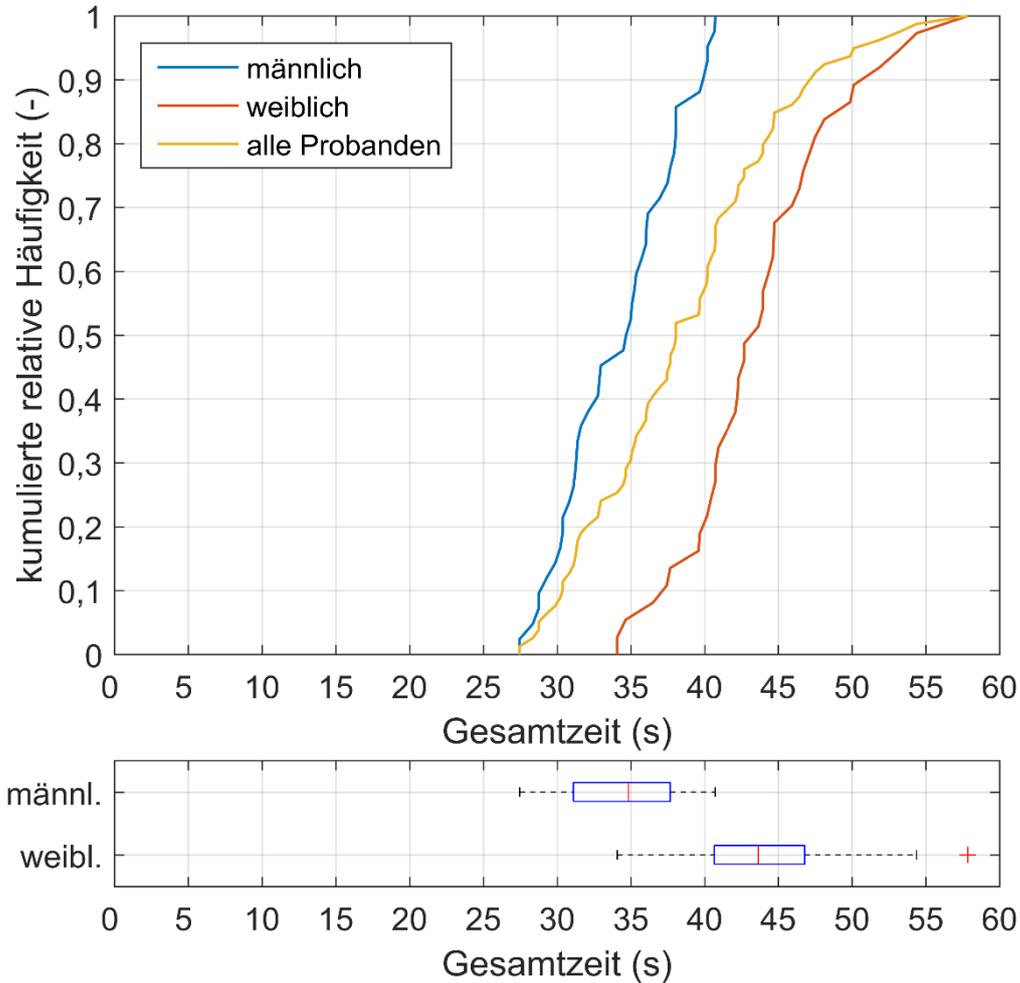


Abbildung 37: Kumulierte relative Häufigkeit der Gesamtzeiten, differenziert zwischen Männern und Frauen

In der kumulierten relativen Häufigkeit über alle Probanden zeigt sich eine deutlich schnelle Gesamtzeit der Männer gegenüber derjenigen der Frauen. Wenn beispielsweise eine weibliche Probandin eine mittlere Gesamtzeit von 35 Sekunden aufweist, bedeutet dies, dass ca. 95% der Probandinnen dieser Dissertation eine höhere Gesamtzeit aufwiesen.

3.7 Ergebnisse zur Testung „Speedcourt Multidirectional-Speed“

Der letzte Test der Testbatterie war der multidirektional ausgeführte Speedcourt („M-Speed“). Hier waren nun alle neun Felder aktiviert und es erfolgten Richtungswechsel in allen Ebenen.

Im Folgenden ist nach der Prüfung auf Normalverteilung die Analyse der Wendezeiten, wie auch im Anschluss jene der Gesamtzeiten dargestellt.

3.7.1 Untersuchung auf Normalverteilung

Zu Beginn erfolgt im Folgenden erneut vorerst eine Prüfung der Stichproben auf Normalverteilung.

Tabelle 25: Verteilung der Subgruppen in Bezug auf die Gesamtzeit

		M-Speed
		Gesamtzeit [°]
Instabil	0 (=nicht instabil)	p=0,735
	1(=instabil)	p=0,693
Vorverletzt	0 (=nicht vv)	p=0,470
	1(=vv)	p=0,742

Legende: ° Test auf Normalverteilung errechnet mit Shapiro-Wilk

Es zeigt sich, dass die Gesamtzeiten der Subgruppen „nicht instabil“, „instabil“, „nicht vv“ sowie „vv“ zum Niveau von $p > 0,05$ als normalverteilt angenommen werden können.

3.7.2 Analyse der Wendezeit

Bei der Analyse der Wendezeiten wurde wie auch schon bei vorangegangenen Ergebnissen des L-Speed eine Unterteilung zwischen den Geschlechtern vorgenommen und diese anhand farblich voneinander unterscheidbarer Graphiken skizziert.

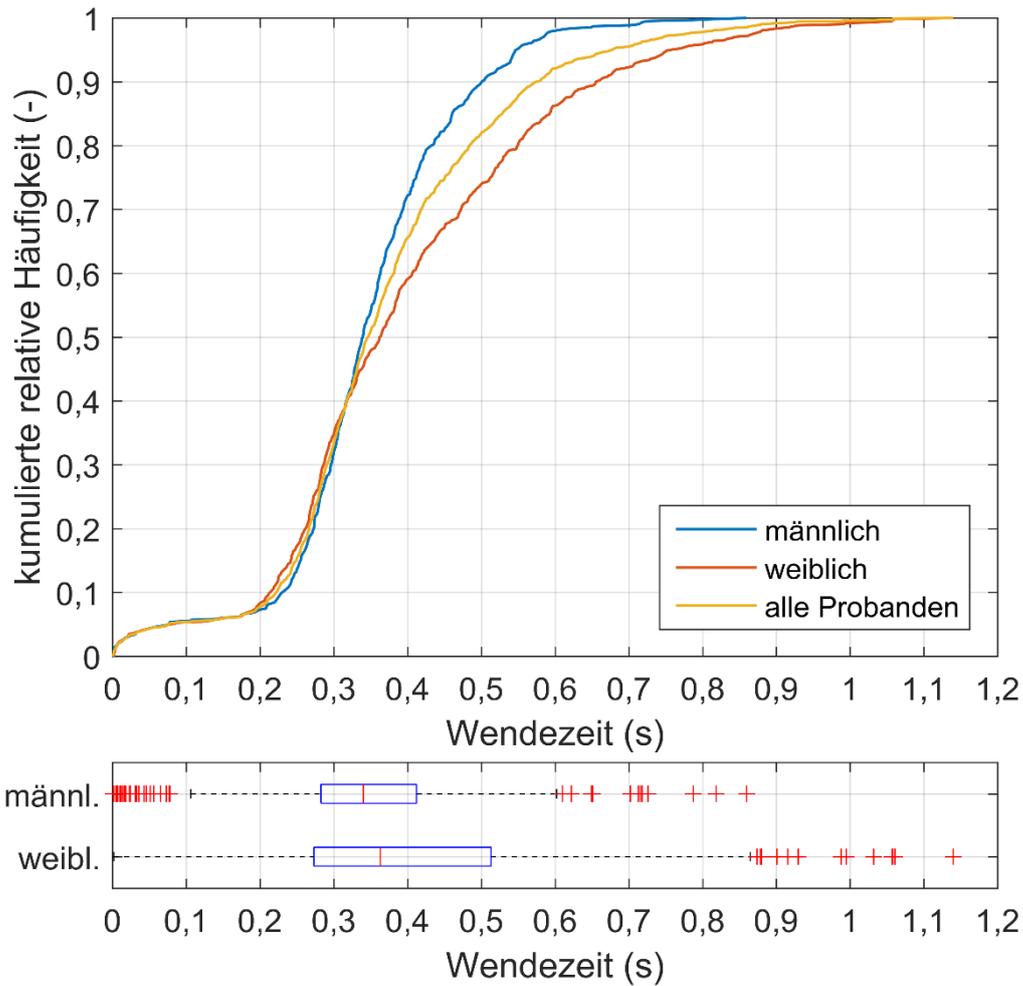


Abbildung 38: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert nach Männern und Frauen

Wie auch schon beim L-Speed beschrieben, zeigt sich auch bei den kumulierten relativen Häufigkeiten der Wendezeiten des M-Speed, dass Männer gegenüber den Frauen geringere Wendezeiten aufwiesen. Werden die beiden Gruppen, nicht vorverletzte und stabile Probanden mit der Gruppe der vorverletzten und/oder instabilen Probanden verglichen, ergibt sich die in Abbildung 39 dargestellte Graphik.

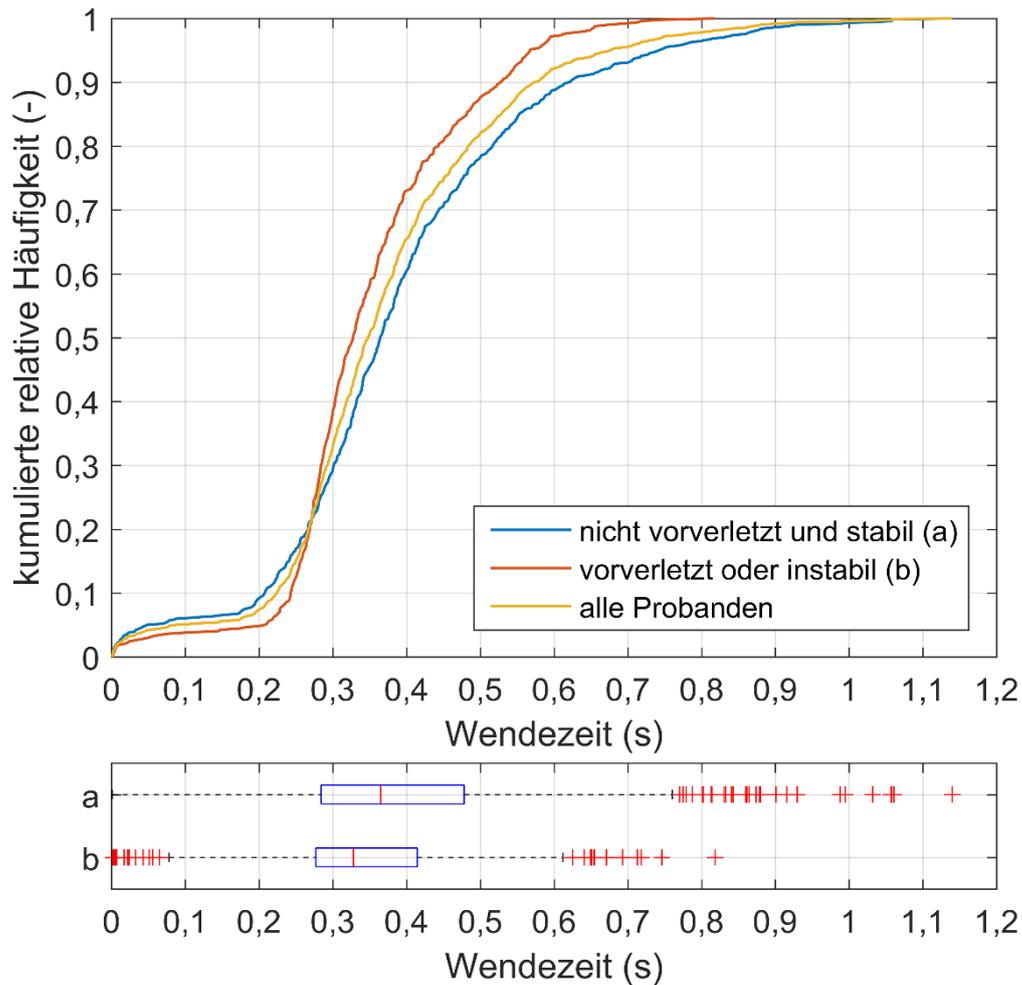


Abbildung 39: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert zwischen den Gruppen – nicht vorverletzt und stabil – sowie – vorverletzt oder instabil –

Anhand der drei aufgezeigten farblich voneinander getrennten Linien wird deutlich, dass es wenige nicht vorverletzte und stabile Probanden gibt, welche bessere Wendezeiten als vorverletzte und/oder instabile Probanden zeigten.

Mit steigender kumulierter relativer Häufigkeit ändert sich dieses Verhältnis zueinander, sodass insgesamt die vorverletzten und/oder instabilen Probanden schnellere Wendezeiten als die nicht vorverletzten und stabilen Probanden aufwiesen.

Um die Ergebnisse des „M-Speeds“ besser vergleichen zu können, wird nachfolgend von einer linken (links), einer rechten (rechts), einer Wendezeit im Vorwärtslauf (vor) und einer Wendezeit im Rückwärtslauf (zurück) gesprochen.

Hierbei bezieht sich die linke Wendezeit auf die Felder 5, 8 und 10 während sich die rechte Wendezeit auf die Felder 7, 9 und 12 bezieht. Die Wendezeit im Vorwärtslauf bezieht sich auf das Feld 6 und die Wendezeit im Rückwärtslauf auf das Feld 11. Es ergibt sich auf diese Weise folgende

Abbildung 40.

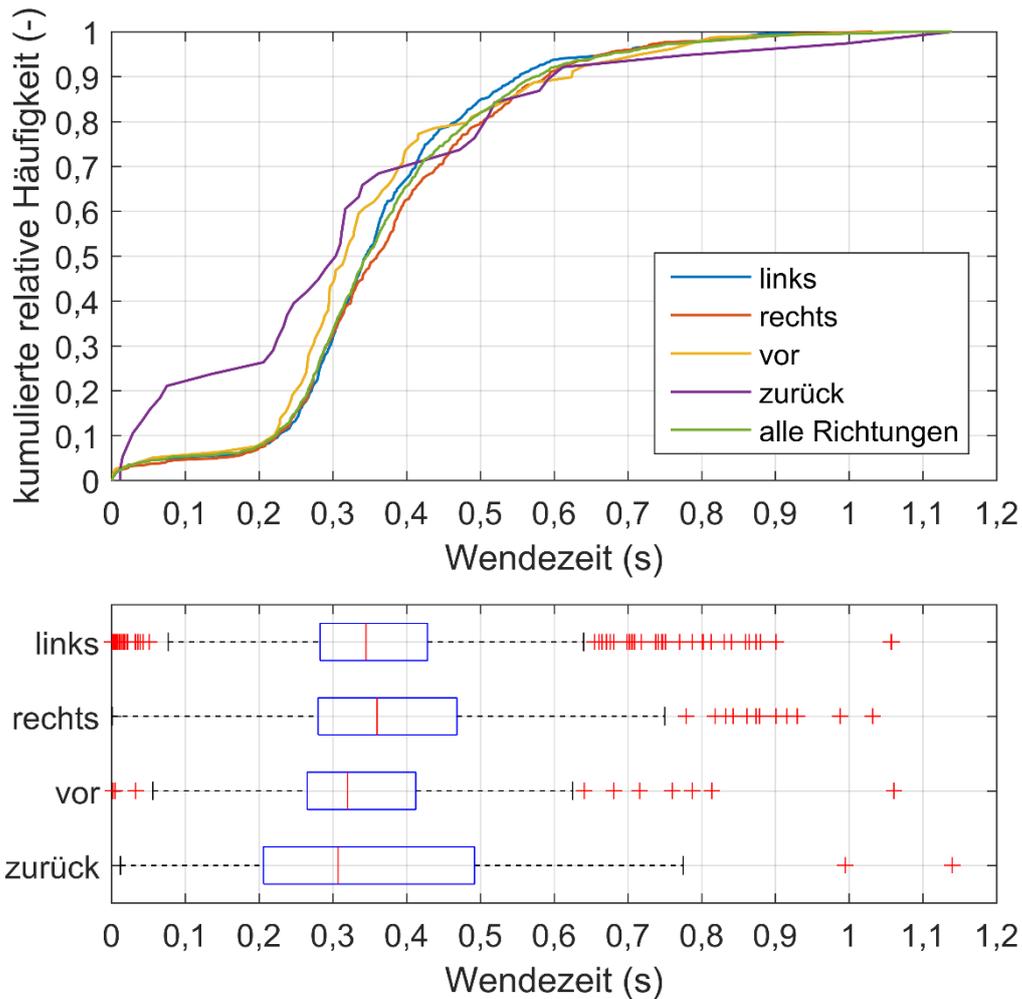


Abbildung 40: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert zwischen den linken, rechten, vorderen und hinteren Wendezeiten

Es zeigt sich, dass die Wendezeit im Rückwärtslauf die kürzeste Wendezeit aufweist. Dies erscheint plausibel, da die Beschleunigung beim Wendemanöver nach vorne gerichtet ist, was der natürlichen Laufbewegung entspricht und deshalb entsprechend schneller ist.

Da bisher jeweils nur die Wendezeiten betrachtet wurden, wird nun in einem letzten Schritt die Gesamtzeit genauer analysiert und analog so den bisherigen Ergebnissen dargestellt.

3.7.3 Analyse der Gesamtzeit

Die Analyse der Gesamtzeit wurde in Anlehnung an die Auswertung des L-Speed ebenfalls nach männlichen und weiblichen Probanden differenziert.

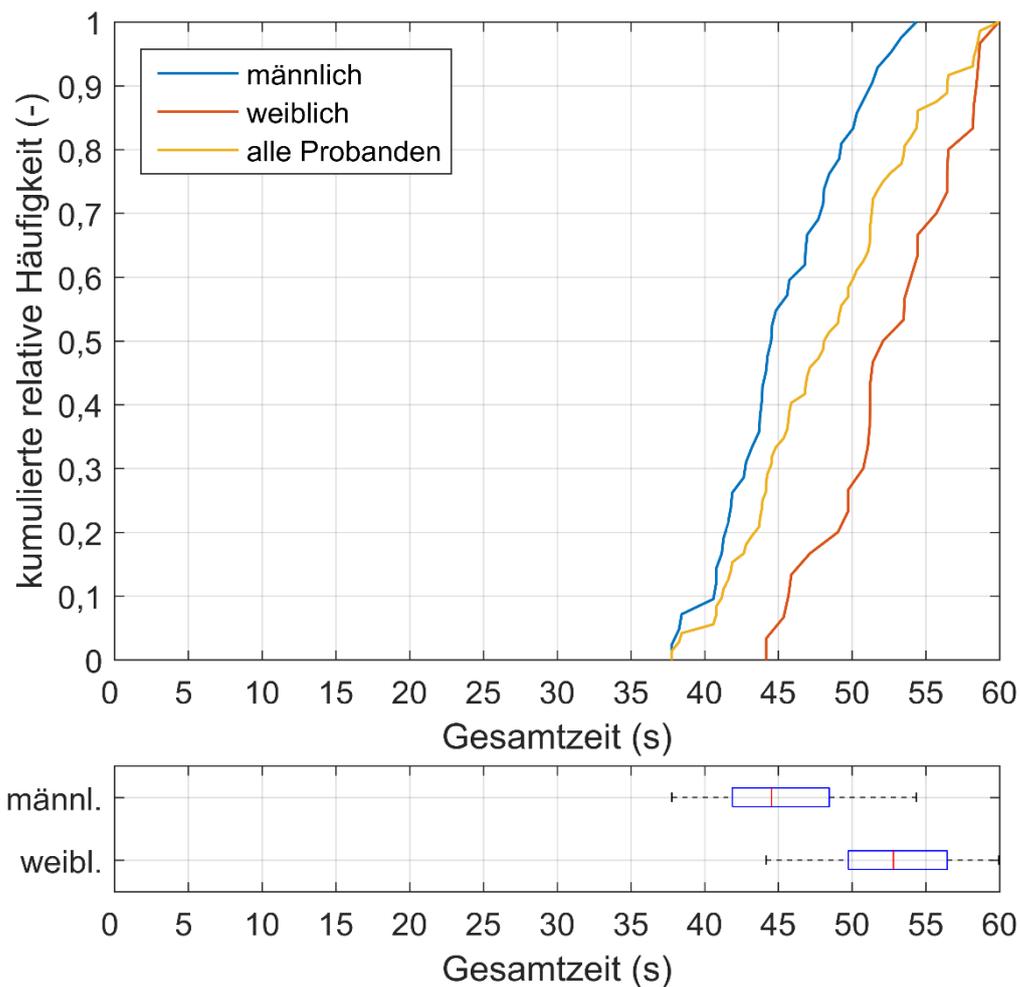


Abbildung 41: Kumulierte relative Häufigkeit der Gesamtzeiten, differenziert zwischen Männern und Frauen

Wie auch in den vorangegangenen Testungen weisen Männer bei der Gesamtzeit des M-Speeds kürzere Testergebnisse auf als Frauen.

In einem letzten Schritt soll untersucht werden, ob sich eine vorhandene Instabilität oder Vorverletzung signifikant auf die Gesamtzeit der Testung des M-Speed auswirkt.

Die Gruppen werden im Folgenden nicht wie bisher nach einer Vorverletzung bzw. Instabilität einer bestimmten Seite getrennt, sondern pauschal in die Gruppen „vorverletzt“, „nicht vorverletzt“, „instabil“ und „nicht instabil“ – unabhängig von der jeweiligen Seite.

Tabelle 26: Signifikanzniveau der Gesamtzeit

		Gesamtzeit[°]
Verletzungshistorie	Instabil vs. Nicht instabil	p=0,164
	Vorverletzt vs. Nicht vorverletzt	p=0,207

Legende: [°]Signifikanzniveau errechnet mit t-Test für unabhängige Stichproben

Es zeigt sich, dass weder eine Vorverletzung noch eine Instabilität zu einem Niveau von $p < 0,05$ signifikanten Einfluss auf die Gesamtzeiten der Testungen des M-Speed besitzt.

4 Diskussion

Bisher existiert keine einheitliche Testbatterie mit spezifischen Funktionstests zur Detektion von chronischen Sprunggelenkinstabilitäten. Dennoch stellt sich nach einer akuten Verletzung aber auch bei einer persistierenden Beschwerdesymptomatik die Frage nach einem objektiven Messverfahren, welches die Ist-Situation des Einzelnen wiedergibt. Basierend auf dieser Ist-Situation ist es wünschenswert, eine adäquate Therapie abzuleiten und zudem abzuschätzen, wann bzw. zu welchem Zeitpunkt eine Wiederaufnahme von sportlichen Aktivitäten vor dem Hintergrund der erfolgten Verletzung sinnvoll erscheint.

In Anlehnung an die Phasen der Regeneration wie im Kapitel 1.1 beschrieben, stellt sich daher auch die Frage nach dem sicheren Übergang von „Return to sports“ zu „Return to play“ bzw. „Return to competition“ ohne das Risiko einer erneuten Verletzung mit anschließender erneuten Ausfalls- und Regenerationszeit ins Kauf zu nehmen.

Diese Entscheidung der Therapiewahl erscheint vor dem Hintergrund einer akuten Verletzung besonders relevant, da eine zu frühe Wiederaufnahme der alltäglichen Aktivität potentiell zu einer dauerhaften Beschwerdepersistenz führen kann. Zusätzlich könnte eine individuelle prä- und postoperative Durchführung der Testbatterie Aussagen über den aktuellen Leistungsstand eines Einzelnen ermöglichen und so daraus entsprechende Therapieempfehlungen abgeleitet werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Arbeit diskutiert, deren Limitationen aufgezeigt, diese mit bekannten Daten der Literatur verglichen und Verbesserungspotentiale für zukünftige Arbeiten in diesem Bereich genannt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden während allen vier Testungen (MFT Challenge Disk, Side-Hops sowie multidirektional und lateral Speed) als diagnostisches Mittel auch 2D-Videodaten sowie die Daten eines 4-Kanal-EMGs erhoben. Im Zuge der Aufzeichnung und Auswertung der so entstandenen Daten kam es zu erheblichen Problemen. Diese haben schließlich dazu geführt, dass die erhobenen 2D-Videodaten sowie die Daten des 4-Kanal-EMGs keine Berücksichtigung im Rahmen dieser Arbeit fanden. Im Folgenden sollen die Zusammenhänge diesbezüglich näher erläutert werden.

EMG-Daten und 2D-Videoanalyse

Das EMG, welches sowohl auf den M. tibialis anterior (TA) als auch auf den M. peroneus longus (PL) mittels EKG- Elektroden (cutane Ableitung) platziert wurde, zeichnete während aller vier Testdurchläufe die myoelektrischen Signale eben genannter Muskulatur der einzelnen Probanden auf. Die grundlegende Annahme bestand darin, die Rekrutierung als auch die Frequenzierung der motorischen Einheiten unter der Ableitfläche zu objektivieren und diese in einem zweiten Schritt miteinander zu vergleichen. Zielsetzung war es, auf diese Weise abgeschwächte Muskelbereiche sowie funktionelle Defizite mittels direkter Messung elektrischer Muskelaktivität zu objektivieren. In der Literatur finden sich hierzu mehrere Quellen welche eben genannte Muskelgruppen verwendeten um schließlich mit Hilfe der Ableitung der elektrischen Muskelaktivität chronische Instabilitäten bei statischen Testungen detektieren zu können (Bhaskaran, et al., 2015). Allerdings sind bei den Quellen der Literatur stets statische und keine hochdynamischen Testungen durchgeführt worden. Eine erste Problematik zeigte sich bereits beim Kleben der Elektroden. Aufgrund der hochdynamischen Bewegungen mit sich daraus ergebender vermehrter Transpiration der Probanden hafteten die Elektroden nicht komplett während der einzelnen Testdurchgänge und mussten teilweise mehrfach neu geklebt werden. Dies war insbesondere während der Testungen auf dem Speedcourt relevant. Künftige Forschungsaktivitäten sollten die Möglichkeit der Feinnadel-Elektroden zur besseren Fixierung und intramuskulären Ableitung in Betracht ziehen. Dies hat einerseits eine erheblich bessere Fixation der Elektrode zur Folge, andererseits wird diese Art der Fixierung zudem weniger stark von physiologischen Einflussfaktoren wie beispielsweise der Ableitfähigkeit der Hautoberfläche beeinflusst.

Bei vergleichenden dynamischen EMG Messungen im Sportbereich ist zudem ein sogenannter absoluter Nullpunkt von entscheidender Bedeutung. Dieser Nullpunkt synchronisiert die einzelnen diagnostischen Mittel wie EMG, 2D-Videoanalyse sowie die erhobenen Daten aus den Messungen des Optojumps des Side Hops sowie des Speedcourts. Es ist von entscheidender Bedeutung diesen Nullpunkt zum Zeitpunkt der Testungen festzulegen – eine nachgelagerte Definition eines solchen Nullpunkts mit der erforderlichen Genauigkeit bzw. Synchronisation aller Messungen ist aus Sicht der Autorin nicht möglich. Die hierzu erforderliche Genauigkeit der Synchronisation liegt im

Bereich von einigen Hundertstel- bis Zehntelsekunden, so dass selbst die händisch vorgenommene Markierung des Testbeginns zu ungenau ist.

Da dieser Nullpunkt fehlte, konnte beispielsweise die Aktivierung der Muskulatur nicht in direktem Zusammenhang mit den Ergebnissen der Testbatterie gebracht werden. Hierdurch konnte keine Aussage über eine regelrechte zeitliche Aktivierung der motorischen Einheit im Zusammenhang mit der Testbatterie getroffen werden.

Die gleiche Problematik zeigte sich bei der 2D-Videoanalyse. Um einen exakten Fersenboden- beziehungsweise Achillessehnenwinkel zu einem bestimmten Zeitpunkt ausmessen zu können ist auch eine Synchronisierung der Kameras mit den diagnostischen Testverfahren erforderlich. Auch dies ist aus Sicht der Autorin nachgelagert nicht mehr möglich. Zudem sei darauf hingewiesen, dass Grau et al. die Hypothese aufstellen, dass drei dimensionale Bewegungen mit Hilfe einer zwei dimensional Analyse nur unzureichend erfasst werden können (Grau, et al., 2000).

Aus genannten Gründen wurden die erhobenen Daten aus der 2D-Videoanalyse in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Diese Problematik zeigte sich erst bei der Auswertung der Videodaten und konnte im Anschluss nicht mehr behoben werden.

Abschließend soll für mögliche Folgearbeiten der Hinweis ausgesprochen werden, dass bereits (Ebig, et al., 1997) in Ihrer Studie keinen Zusammenhang zwischen einer subjektiv empfundenen Instabilität im Sprunggelenk und der myoelektrischen Aktivität eben genannter Muskeln (M. tibialis anterior und M. peroneus) während plötzlichem Plantarflexions- bzw. Inversionsstress belegen konnten.

Fragebögen und Probanden

Im Hinblick auf die in dieser Arbeit angewandte Methodik ist weiterhin zu beachten, dass eine wesentliche Klassifizierung in der Einteilung der Probanden in sportlich aktive (≥ 4 Stunden Sport pro Woche) sowie sportlich weniger aktive (< 4 Stunden Sport pro Woche) bestand. Es lässt sich in diesem Zusammenhang festhalten, dass es keine allgemein gültige Methode zur Quantifizierung körperlich- sportlicher Aktivität gibt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde sich bei den Testungen aufgrund der Reliabilität bei der aktuellen körperlich- sportlichen Aktivität ausschließlich auf die Stundenzahl pro Woche konzentriert. Diese Art der Einteilung erhöht die Objektivität der gegebenen Antworten,

da so bei Fragen zum Beispiel nach der Intensität des betriebenen Sports oder der Art der Belastung, Spielraum zur Interpretation bleibt.

Bei der Auswertung des ersten Fragebogen zeigte sich zwar eine positive Korrelation zwischen den vorverletzten und/oder instabilen Probanden mit dem subjektivem Empfinden des Einzelnen während den Messungen, jedoch konnte dieser subjektive Eindruck nicht auf Basis der objektiv erhobenen Messwerte bestätigt werden. Analog hierzu fanden sich bei den Ergebnissen sowohl der VAS FA als auch der AOFAS keine relevanten Unterschiede zwischen den Gruppen der sich instabil fühlenden, wie auch der Vorverletzten zu den gesunden Probanden.

18 Probanden gaben an, während der Testung keine Schmerzen oder Instabilitäten gehabt zu haben – darunter waren jeweils drei Teilnehmer unter den vorverletzten beziehungsweise instabilen Probanden. 10 der insgesamt 13 instabilen Probanden gaben auch während der Testungen Instabilitäten an. Auffällig hierbei war, dass die Probanden nicht nur subjektive Instabilitäten während der Testungen auf der Seite angaben, welche als chronisch instabil zählte, sondern bis auf zwei Ausnahmen, jeweils beide Seiten als instabil wahrgenommen wurden. Es erscheint plausibel, dass diese subjektiv wahrgenommene, zumeist beidseitige, Instabilität auch objektiv auf Basis der Messwerte nachvollzogen werden kann. In den einzelnen Testungen konnte diese Tatsache jedoch nicht objektiviert beziehungsweise bestätigt werden. Trotz subjektivem Empfinden erzielten die Teilnehmer im Vergleich zu den sich subjektiv stabil fühlenden Probanden keine schlechteren Ergebnisse. Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus (Munn, et al., 2002) welche ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen subjektiver Instabilität und objektiver Messung belegen konnten.

MFT Challenge Disc

Die möglichen Ergebnisse der MFT Challenge Disk liegen zwischen eins und fünf, wobei eins den besten Wert darstellt. Im Rahmen dieser Arbeit lag der beste gemessene Einzelwert bei 2,42 und wurde von einer weiblichen Testperson ohne Vorverletzung oder Instabilität erbracht. Der schlechteste gemessene Einzelwert wurde ebenfalls von einer weiblichen Testperson erreicht (4,76). Bei dieser Testperson lag auf der gemessenen Seite eine Vorverletzung mit zusätzlicher Instabilität vor. Lediglich einem Probanden mit linksseitig vorangegangenen mehrmaligen Supinationstraumen inklusive lateraler

Bänderruptur war es bei keinem der beiden Durchgänge auf ebendieser Seite möglich, die Übung bis zum Ende durchzuführen.

Das durchschnittlich erreichte Trainingslevel über allen Gruppen betrug 3,75. Hierbei ist zu beachten, dass im Rahmen unserer Testungen aufgrund der einbeinigen Ausführung der Übung ohne der Möglichkeit einer Ausgleichsbewegung durch die Arme erschwerte Bedingungen vorlagen. Mit Blick auf die Gesamtheit aller Ergebnisse zur MFT Challenge Disc wird eine Verbesserung aller Probanden vom ersten zum zweiten Durchgang deutlich. Diese Tatsache weist auf einen Trainingseffekt bereits nach einem Durchlauf hin. Ergebnisse der Literatur zeigen einen signifikanten Trainingseffekt mit einer zusätzlichen Reduktion der Verletzungsrate von Sprunggelenksverletzungen bei Probanden mit aber auch ohne Vorverletzungen durch propriozeptives Training (Rivera, et al., 2017), (Best, et al., 2011). (Zech, et al., 2012) beschreiben in einer Metaanalyse eine 36 prozentige Reduktion des Verletzungsrisikos durch Balancetraining und eine 50 prozentige Reduktion durch kombinierte Programme wie beispielsweise Balance- Kraft- aber auch Sprungtrainings. Ob es bereits nach einem Durchlauf ebenfalls zu einem Trainingseffekt kommt ist anzunehmen, bedarf allerdings weiterer Untersuchungen in diesem Bereich. Zusätzlich zeigt sich, dass männliche Probanden im Durchschnitt schlechter abschneiden als weibliche Probanden. Auch diese Tatsache der geschlechterspezifischen Unterscheidung ist bereits in der Literatur mehrfach beschrieben (Rivera, et al., 2017). In Bezug auf die Rehabilitation nach Sprunggelenksverletzungen gilt das propriozeptive Training bereits zu den Standardverfahren ((Mattacola, et al., 2002), (Eils, et al., 2001), (Verhagen, et al., 2004), (Petersen, et al., 2002), (Rozzi, et al., 1999)). Ein positiver Trainingseffekt durch propriozeptives Training ist in der Literatur nicht nur bei vorverletzten Probanden beschrieben, sondern ebenso bei Gesunden (Hoffmann, et al., 1995) was sich auch in unseren Ergebnissen widerspiegelt.

Zudem zeigte sich, dass die Vorverletzten (3,97) gegenüber den nicht vorverletzten (3,63) sowie die instabilen Probanden (3,89) gegenüber den stabilen Probanden (3,68) im Mittel einen geringfügig schlechteren Koordinierungserfolg erreichten. Auch die Vergleichsgruppen der Vorverletzten und/oder instabilen Probanden zu den nicht vorverletzten und stabilen Probanden zeigten mit 3,93 zu 3,62 geringfügig schlechtere Werte. Bezieht sich die Analyse jedoch jeweils auf die vorverletzte und/oder instabile

Seite und nicht auf beide Füße, zeigt sich im Mittel kein Zusammenhang zwischen Vorverletzung und Instabilität der betroffenen Seiten und dem Koordinierungserfolg.

Side Hop

Die zweite Testung Side Hop beinhaltete als Sprungtest den jeweils einbeinig ausgeführten Side Hop, gemessen mit dem Optojump. (Docherty, et al., 2005) stellten in ihrer Studie fest, dass kein Zusammenhang zwischen der Funktionalität des Sprunggelenkes und der Leistungsfähigkeit in vertikal durchgeführten Sprungtestes existiert, weshalb im Rahmen dieser Studie auf den Side Hop als Sprungtest in der Seitebene zurückgegriffen wurde (Docherty, et al., 2005). Bei allen erhobenen Zeiten (Kontakt-, Flug- und Gesamtzeit) zeigte sich bei den männlichen im Vergleich zu den weiblichen Probanden ein besseres Ergebnis. Wie auch schon bei der MFT Challenge Disk wurde auch bei den Side Hops eine durchschnittliche Verbesserung der Zeiten vom zweiten gegenüber dem ersten Durchgang deutlich. Auch bei den vermeintlich chronisch instabilen Probanden zeigte sich bei der Betrachtung aller Probanden kein signifikanter Unterschied in den Zeiten. Selbst wenn man nur die sportlich aktiven Teilnehmer betrachtet und unter diesen dann erneut zwischen instabilen und stabilen Sprunggelenken vergleicht, zeigt sich kein relevanter Unterschied in den aufgezeichneten Zeiten.

Zudem ist zu beachten, dass stets mit dem linken Fuß begonnen wurde. In der Testung zeigte sich, dass die Ergebnisse der rechten Seite besser waren als die der linken Seite. Es ist davon auszugehen, dass ein gewisser Übungseffekt durch Wiederholung hier ebenfalls relevant wird, da beim ersten Durchgang eines jeden Probanden mit rechts bereits zwei Durchgänge der gleichen Übung mit links erfolgten. (Ageberg, et al., 1998) beschreiben in ihrer Studie diesen Lerneffekt nach einer erneuten Testung nach sieben Tagen bei dem einbeinigen Hop-Test sowie bei dem einbeinigen Stabilitätstest. Es zeigte sich eine Zuverlässigkeit wiederholter Messungen mit einem positiven Lerneffekt sowohl bei den einbeinigen Stabilitätstestungen, wie auch bei den einbeinigen Side Hops (Ageberg, et al., 1998). Dieser Übungseffekt sollte bei allen Übungen der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Testbatterie bei der Betrachtung der Ergebnisse mitberücksichtigt werden.

Zusätzlich war auffällig, dass die nicht vorverletzten und/oder sich stabil fühlenden Probanden ebenfalls in allen drei Zeiten schlechter abschnitten als die sich instabil

fühlenden und/oder vorverletzten Probanden. Dieser zunächst kontraintuitiv anmutende Sachverhalt kann plausibel durch die Tatsache erklärt werden, dass sich die Gruppe der vorverletzten Probanden in Bezug auf die sportliche Aktivität von denen der nicht vorverletzten Probanden unterschied: so waren unter den gesunden Probanden fast ausschließlich solche, welche weniger als 4 Stunden pro Woche einer sportlichen Aktivität nachgehen während sich unter den sportlich aktiven Probanden stark gehäuft Vorverletzte oder subjektiv instabile Probanden befanden. Unter der Gruppe aller Probanden zählten von den 14 Probanden mit Vorverletzungen, 11 zu den sportlich aktiven Teilnehmern mit mehr als 4 Stunden Sport pro Woche. Analog hierzu zählten von den insgesamt 13 sich instabil fühlenden Probanden, 10 zu der Gruppe der sportlich aktiven. Insbesondere die Kontaktzeiten waren bei sportlich aktiven Probanden erheblich kürzer (=besser) als bei den weniger sportlich aktiven Probanden. Sportlich aktive Probanden mit einer Vorverletzung waren im Vergleich zu sportlich inaktiven ohne Vorverletzung in allen drei gemessenen Zeiten deutlich schneller. Es wird daher die Hypothese aufgestellt, dass die sportliche Aktivität eines Probanden einen besseren Prädiktor für das Ergebnis im Side Hop darstellt als eine (länger zurückliegende) Vorverletzung beziehungsweise eine subjektiv empfundene Instabilität. Zudem wird hieraus die zweite Hypothese abgeleitet, dass mit Hilfe eines Testergebnisses beim Side Hop allein noch kein Rückschluss hinsichtlich einer Vorverletzung oder vorliegenden Instabilität gezogen werden kann.

Speedcourt

Die Testdurchläufe auf dem Speedcourt fanden als Agility-Tests statt. Für die beiden letzten Testungen war ein fest vorgegebener Ablauf mit ausschließlich lateralem Bewegungsmuster („L-Speed“) beziehungsweise multidirektionalem Bewegungsmuster („M-Speed“) vorgesehen. Die Probanden wurden hierbei gebeten, das laterale Bewegungsmuster beim „L-Speed“ ausschließlich als Side Steps auszuführen. Gemessen und miteinander verglichen wurden die Gesamt- und Wendezeiten auf den einzelnen Feldern. Die Hypothese das Vorverletzte und/oder instabile Teilnehmer auf den Feldern der betroffenen Seite eine zeitliche Verzögerung aufzeigen, konnte anhand der gemessenen Daten nicht bestätigt werden. Auch hier zeigten analog zur Testung des Side Hops die vorverletzten und/oder instabilen Probanden im Vergleich zu den nicht vorverletzten und stabilen Teilnehmern bei der Testung „L-Speed“ sowohl bei den

mittleren Wendezeiten mit einer Differenz von 0,064s als auch bei den mittleren Gesamtzeiten (Differenz 4,209s) kürzere (= bessere) Zeiten. Dieses Ergebnis bestätigt sich auch bei Betrachtung des Medians der entsprechenden Vergleichsgruppen bei der Testung „M-Speed“. Wie bereits beschrieben gehören die Vorverletzten und / oder instabilen Probanden zum wesentlichen Teil zu den sportlich aktiven Probanden. Die bereits aufgestellte Hypothese, dass die sportliche Aktivität tendenziell einen größeren Einfluss auf die Ergebnisse hat als eine etwaige Instabilität oder Vorverletzung bestätigt sich daher auch hier.

Daran anschließend stellt sich die Frage ob unter den sportlich aktiven Probanden Unterschiede in den Messergebnissen in Bezug auf Vorverletzungen festgestellt werden können. Es zeigte sich, dass innerhalb der Gruppe der sportlich aktiven Probanden kein feststellbarer Unterschied zwischen vorverletzten und/oder instabilen Probanden bestand. Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich die grundlegenden Ergebnisse der Testungen Side Hop sowie Speedcourt decken.

Limitationen und Fazit

Eine Limitation dieser Testungen zeigte sich in der nicht objektivierbaren Definition von den sich instabil fühlenden Probanden. Zur genaueren Definition wurde in der Vergangenheit in der Literatur häufig ein bildgebender Nachweis mittels Röntgenbildern und in diesem Zusammenhang eine Festlegung der Instabilität mittels beispielsweise positivem Talusvorschub oder aber auch positiver Aufklappbarkeit unter Durchleuchtung vorgenommen (vgl. hierzu zum Beispiel (Schmidt, et al., 2005)). Diese Technik ist jedoch mittlerweile als obsolet anzusehen.

Zusätzlich war es bei den einzelnen vorverletzten Probanden nicht möglich die exakten radiologischen Diagnosen zu erhalten. In diesem Zusammenhang wurde in der vorliegenden Arbeit lediglich die subjektiven Aussagen des Probanden selbst herangezogen. Zudem fällt auf, dass die beiden Scores VAS FA sowie AOFAS sowohl in der Gruppe der Gesunden als auch in der Gruppe der Vorverletzten oder Instabilen keine nennenswerten Unterschiede aufwiesen. Der VAS FA Score wurde sowohl bei Gesunden als auch bei verletzten Probanden validiert und zeigte den niedrigsten Score für Schmerzen beim Plattfuß mit 44 Scorepunkten und den zweitniedrigsten Wert bei Sprunggelenkinstabilitäten mit 46 Scorepunkten. Beim Gesamtscore erreichten die

Sprunggelenksinstabilitäten einen Score von 48 Punkten (Stüber, et al., 2011). Im Rahmen der Testungen in der vorliegenden Arbeit, erreichten die Probanden mit angegebenen Sprunggelenksinstabilitäten 85 Scorepunkte für Schmerzen sowie eine Gesamtscore von 91 Scorepunkten. Im Vergleich zu den genannten Werten aus der Literatur sind diese Werte verhältnismäßig hoch. Es erscheint daher plausibel, dass die Auswirkung der Instabilitäten und Vorverletzungen auf die Leistungsfähigkeit der Probanden (und damit deren Ergebnisse) vergleichsweise gering sind. Die bereits aufgestellte Hypothese, dass die sportliche Aktivität einen besseren Prädiktor für die Testergebnisse als eine etwaige Vorverletzung oder Instabilität darstellt muss daher auch vor diesem Hintergrund betrachtet werden. Zusammenfassend zeigt sich, dass sich in allen vier Testungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vorverletzten zu den instabilen Probanden gezeigt haben. Diese Ergebnisse untermauern die Ergebnisse einer Studie von 2002, welche mit einer geringeren spezifischen Testbatterie ebenfalls keine Unterschiede in den Ergebnissen der Funktionalität des Sprunggelenkes und der subjektiv wahrgenommenen chronischen Instabilität feststellen konnte (Demeritt, et al., 2002).

Wie beschrieben lassen die Ergebnisse dieser Arbeit keinen signifikanten Unterschied zwischen vorverletzten und/oder instabilen Probanden bei den Testergebnissen erkennen. Zudem fallen die Scores des VAS FA sowie AOFAS vergleichsweise hoch aus. Dies legt die Schlussfolgerung nahe, dass die in dieser Arbeit erarbeiteten Normwerte für alle Testpersonen als Referenzwerte herangezogen werden können – mit Ausnahme solcher Personen, welche entweder eine akute Verletzung aufweisen oder sich in der darauffolgenden Phase der Rekonvaleszenz befinden.

Aus Sicht der Autorin sind die erhobenen Daten weitestgehend untersucherunabhängig, da sowohl Aufbau als auch Durchführung der Testungen aus technischer Sicht klar definiert sind. Dies legt die Vermutung nahe, dass die gewählte Testbatterie verhältnismäßig gut reproduzierbar ist.

Für folgende Arbeiten in diesem Bereich lässt sich zusätzlich eine Empfehlung im Hinblick auf die Durchführung von Probedurchläufen vor jeder Testung aussprechen. Bei allen vier Testbatterien konnte man im Mittel eine Verbesserung vom ersten zum zweiten Durchgang sehen. Dieser Übungseffekt scheint gegenüber anderen Effekten zu dominieren und könnte durch Testdurchläufe zu Beginn der eigentlichen Messungen

minimiert werden. Sowohl bei der Testbatterie des Side Hops, wie auch bei den beiden Testungen auf dem Speed Court empfiehlt es sich zudem die Normwerte anhand der Probanden nach Geschlecht und sportlicher Aktivität zu unterteilen.

Es wurde eine Testbatterie erstellt, welche eine gemischte Population testete und somit Normwerte für einzelne Vergleichsgruppen (beispielsweise Männer-Frauen, sportlich aktiv-sportlich inaktiv) bereitstellt. Anhand dieser Normwerte kann nun die individuelle Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Sprunggelenk direkt beurteilt werden. Das Ziel eine Datenbank mit Normwerten zu erstellen, wonach Sportler aber auch nicht Sportler unabhängig von ihrem sportlichen Ausgangsniveau mit den Werten der in dieser Arbeit gemessenen Population verglichen werden können, ist hiermit gegeben.

5 Zusammenfassung

Bei Sportlern aber auch bei Nichtsportlern mit Bandläsionen im Bereich des Sprunggelenks ist die Bestimmung des Zeitpunktes der Wiederaufnahme sportlicher Aktivität von entscheidender Bedeutung – insbesondere um möglichen Folgeverletzungen in der Zukunft vorzubeugen.

Zur Beurteilung des richtigen Zeitpunkts zählt die Beurteilung der sportlichen Leistungsfähigkeit zu den wichtigsten Faktoren. Um diese Beurteilung vorzunehmen, ist das Vorhandensein von Referenzwerten für eine geeignete Testbatterie nötig.

Im Rahmen der vorliegenden experimentellen Arbeit durchliefen 40 Probanden, darunter 14 Probanden mit Vorverletzungen am Fuß, sowie 13 Probanden mit chronischen Instabilitäten im Bereich des Sprunggelenkes, an fünf Testtagen eine selbst erstellte Testbatterie. Diese beinhaltete neben einem Koordinationstest (MFT- Challenge Disc), einen Sprungtest (Side-Hop) und zwei Agility Tests (L-Speed, M-Speed).

Es zeigte sich in keiner Testung ein signifikanter Einfluss von Instabilitäten und / oder Vorverletzungen auf die einzelnen Ergebnisse von entsprechend gebildeten Vergleichsgruppen.

Zusätzlich konnte keine Korrelation zwischen subjektiv wahrgenommenen Instabilitäten aber auch Schmerzen während der einzelnen Testungen und den dokumentierten Vorverletzungen sowie Instabilitäten gezeigt werden.

Auf Basis der erhobenen Daten im Rahmen dieser Arbeit wird die Hypothese aufgestellt, dass die sportliche Aktivität die Leistungsfähigkeit in den einzelnen Testungen besser beschreibt als etwaige Vorverletzungen oder subjektiv empfundene Instabilitäten.

Zudem zeigte die Auswertung der VAS FA sowie des AOFAS Scores keine Unterschiede zwischen vorverletzt und/oder instabil sowie „gesunden“ Probanden.

Mit Hilfe der Ergebnisse dieser Arbeit sowie der gewählten Art der Darstellung kann so die Leistungsfähigkeit eines Probanden, welcher sich nicht im akuten Stadium einer Verletzung oder der direkt daran anschließenden Rekonvaleszens befindet, nach einer vorangegangenen Verletzung im Bereich des Sprunggelenks beurteilt werden. Ein adäquater Zeitpunkt zum Übergang von der Phase „Return to sports“ zu „Return to play“

beziehungsweise „Return to competition“ ohne das Risiko einer erneuten Verletzung kann so besser abgeschätzt werden.

6 Literaturverzeichnis

Ageberg E, Zätterström R, Moritz U. Stabilometry and one-leg hop test have high test-retest reliability. *Scand J Med Sci Sports*. 1998;8(4):198-202.

Best R, Brüggemann P, Petersen W, Rembitzki I, Ellermann A, Gösele-Koppenburg A, Liebau C. Aktuelle und neue Konzepte in der Behandlung akuter Außenbandverletzungen des Sprunggelenkes. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 2011;62(3):57-62.

Best R, Rembitzki I, Petersen W. Rückkehr zum Sport nach Kollateralbandläsion am Sprunggelenk. *Arthroskopie*. 2016;29(1):13-21.

Bhaskaran D, Wortley M, Chen Q, Milner CE, Fitzhugh EC, Zhang S. Effect of a combined inversion and plantarflexion surface on ankle kinematics and EMG activities in landing. *Journal of Sport and Health Science*. 2015;4(4): 377-383.

Brandstetter J. Evolution des Menschen. akg-images gmbh. 1998

Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985;100(2):126-131.

Cerny K. Vastus medialis oblique/vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercises in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther*. 1995; 75(8):672-83.

Clanton TO, Matheny LM, Jarvis HC, Jeronimus AB. Return to play in athletes following ankle injuries. *Sports Health*. 2012;4(6):471-474.

Cook JJ, Cook EA, Rosenblum BI, Landsman AS, Roukis TS. Validation of the American College of Foot and Ankle Surgeons Scoring Scale. *J Foot Ankle Surg*. 2011; 50(4):420-9.

Demeritt KM, Shultz SJ, Docherty CL, Gansneder BM, Perrin DH. Chronic Ankle Instability Does Not Affect Lower Extremity Functional Performance. *J Athl Train*. 2002; 37(4):507-511.

Docherty CL, Arnold BL, Gansneder BM, Hurwitz S, Gieck J. Functional-Performance Deficits in Volunteers With Functional Ankle Instability. *J Athl Train.* 2005;40(1):30-34.

Docherty CL und Arnold BL. Force sense deficits in functionally unstable ankles. *J Orthop Res.* 2008;26(11):1489-93.

Ebig M, Lephart SM, Burdett RG, Miller MC, Pincivero DM. The effect of sudden inversion stress on EMG activity of the peroneal and tibialis anterior muscles in the chronically unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997; 26(2):73-7.

Eils E, Rosenbaum D. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(12):1991-8.

Fong DT, Chan YY, Mok KM, Yung PS, Chan KM. Understanding acute ankle ligamentous sprain injury in sports. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2009; 1:14.

Fuhrmann RA, Glaser C, Leumann A, Ochman S, Schueller-Weidekamm C. Funktionelle Anatomie- Verletzungsmechanismus und Epidemiologie des Kapsel-Band-Apparats am Rückfuß. *GOTS-Expertenmeeting: Sprunggelenkinstabilität.* 2012.3-8.

Gläser H, Henke T. Sportunfälle- Häufigkeiten, Kosten, Prävention. Herausgeber ARAG Allgemeine Versicherungs-AG (Düsseldorf), in Zusammenarbeit mit der Firma Himmelseher, Sportversicherungen weltweit, Köln, 2000. 1-8.

Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri FM, Maffioletti NA. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J Strength Cond Res.* 2011.25(2):556-60.

GlobalSpeed GmbH. Globalspeed- Improve Your GameSpeed. In: www.globalspeed-gmbh.de. Abgerufen am 12. 12 2015.

Grau S, Müller O, Bäurle W, Beck M, Krauß I, Maiwald C, Baur H, Mayer F. Grenzen und Möglichkeiten der 2D-Videoanalyse in der Bewertung physiologischer und pathologischer Abrollvorgänge des Fußes bei Läufern. *Sportverl Sportschad.* 2000.14:107-114.

Greier K, Ressle L. Sensomotoric Feedback Performance in Obese and Normal-Weight 11 to 15 Year-Old School Children. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.2011. 63(2):36-40.

Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, Docherty CL, Fourchet F, Fong DT, Hertel J, Hiller CE, Kaminski TW, McKeon PO, Refshauge KM, Verhagen EA, Vicenzino BT, Wikstrom EA, Delahunt E. Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. Br J Sports Med. 2016;50(24):1496-1505.

Grim C, Miltner O, Fuhrmann R, Züst P, Gokeler A, Glaser C, Schueller-Weidekamm C. Klinische Diagnostik von OSG-Bandläsionen. GOTS-Expertenmeeting. 2012;39-42.

Hoffmann M, Payne VG. The effects of proprioceptive ankle disk training on health subjects. J Orthop Sports Phys Ther. 1995;21(2):90-3.

Hubbard TJ, Kaminski TW, Vander Griend RA, Kovalski JE. Quantitative Assessment of mechanical laxity in the functionally unstable ankle. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(5):760-6.

Imhoff AB, Zollinger-Kies H. Fußchirurgie. Georg Thieme Verlag. 2004;1-4

Juul-Kristensen B, Schmedling K, Rombaut L, Lund H, Engelbert RH. Measurement properties of clinical assessment methods for classifying generalized joint hypermobility- A systematic review. Am J Med Genet C Semin Med Genet. 2017;175(1):116-147.

Keller D. Statistik & Beratung. In: <http://www.statistik-undberatung.de/2012/09/parametrisch-oder-nichtparametrisch-das-ist-hier-die-frage/>. Abgerufen am 20. 03 2018.

Kim CW, Jamali A, Tontz WJr, Convery FR, Brage ME, Bugbee W. Treatment of post-traumatic ankle arthrosis with bipolar tibiotalar osteochondral shell allografts. Foot Ankle Int. 2002; 23(12):1091-102.

Koch M, Weber JT, Buchhorn T. Das instabile Sprunggelenk (Aktueller Literaturüberblick). Arthroskopie. 2015;28(2):86-90.

Konrad P. EMG-Fibel. Eine praxisorientierte Einführung in die kinesiologicalische Elektromyographie. 2011;4-25.

Konradsen L, Magnusson P. Increased inversion angle replication error in functional ankle instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2000.8(4):246-51.

Kostuj T, Krummenauer F, Schaper K, Stief F, Zettersten K, Baums MH, Meurer A, Lieske S. Analysis of agreement between the German translation of the American Foot and Ankle Society's Ankle and Hindfoot Scale (AOFAS-AHS) and the Foot Function Index in its validated German translation by Naal et al. (FFI-D). Arch Orthop Trauma Surg. 2014;134(9):1205-10.

Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am J Sports Med. 1997;25: 130-137.

Leumann A, Tsaknis R, Wiewiorski M, Valderrabano V. Das akute Supinationstrauma des oberen Sprunggelenkes - eine Bagatelle? Schweiz Med Forum. 2008;8(11):214-216.

Leumann A, Frigg A, Valderrabano V. Ligamentäre Instabilität am oberen Sprunggelenk. Fuß&Sprunggelenk und Sport. 2009;2.7:153-162.

Lohrer H, Nauck T. Das Supinationstrauma des Fußes. Eine Übersicht unter besonderer Berücksichtigung der calcaneocuboidalen Kapselbandverletzung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. 2006;57:271-276.

Marquardt M, Dierkes M, Harrer F, Rockenfeller B, Schmidt T, Wegner U. Laufen und Laufanalyse- Medizinische Betreuung von Läufern. Thieme Verlag 2012; 1:63-110

Mattacola CG, Dwyer MK. Rehabilitation of the ankle after acute sprain or chronic instability. J Athl Train. 2002; 37(4):413-429.

Medi-Learn. Unteres Sprunggelenk (USG). In: www.medi-learn.de/examen/bildarchiv/index.php?skr=Anatomie%205&auflage=_7. Abgerufen am: 10.05.2015

Munn J, Beard DJ, Refshauge KM, Lee RWY. Do Functional-Performance Test Detect Impairment in subjects with ankle instability? J Sport Rehabil. 2002;11:40-50.

Murphy DF, Connolly DAJ, Beynon BD. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med.* 2003;37:13-29.

Petersen W, Zantop T, Steensen M, Hypa A, Wessolowski T, Hassenpflug J. Prevention of lower extremity injuries in handball: initial results of the handball injuries prevention programme. *Sportverletzungen, Sportschaden.* 2002;16(3):122-6.

Polzer H, Kanz KG, Prall WC, Haasters F, Ockert B, Mutschler W, Grote S. Diagnosis and treatment of acute ankle injuries: development of an evidence-based algorithm. *Orthop Rev (Pavia).* 2012;4(1):e5.

Raschner C, Lembert S, Platzer HP, Patterson C, Hilden T, Lutz M. S3-Check-evaluation and generation of normal values of a test for balance ability and postural stability. *Sportverletz Sportschaden.* 2008;22(2):100-5.

Richter M, Zech S, Geerling J, Frink M, Knobloch K, Krettek C. A new foot and ankle outcome score: Questionnaire based, subjective, Visual-Analogue-Scale, validated and computerized. *Foot and ankle surgery.* 2006;191-199.

Rivera MJ, Winkelmann ZK, Powden CJ, Games KE. Proprioceptive Training for the Prevention of Ankle Sprains: An Evidence-Based Review. *J Athl Train.* 2017;52(11):1065-1067.

Rossetto M. Sport & Sprunggelenk. *Fit for Life.* 2005;84-85.

Rozzi SL, Lephart SM, Sterner R, Kuligowski L. Balance training for persons with functionally unstable ankles. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(8):478-86.

Schmidt R, Benesch S, Hald R, Herbst A, Gerngroß H, Friemert B. Die Inzidenz und Wertigkeit des propriozeptiven Defizites bei Patienten mit chronischer Instabilität des oberen Sprunggelenkes. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* 2005;56(11):378-382.

Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus LernAtlas der Anatomie. *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem.* Thieme Verlag 2005;1:411

Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B, Ors F, Saka T, Aydin T. Reliability of a functional test battery evaluating functionality, proprioception, and strength in recreational athletes with functional ankle instability. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2008;44(4):407-15.

Stüber J, Zech S, Bay R, Qazzaz A, Richter M. Normative data of the Visual Analogue Scale Foot and Ankle (VAS FA) for pathological conditions. *Foot Ankle Surg.* 2011;17(3):166-72.

Tajmir S, Raja AS, Ip IK, Andruchow J, Silveira P, Smith S, Khorasani R. Impact of clinical decision support on radiography for acute ankle injuries: a randomized trial. *West J Emerg Med.* 2017;18(3):487-495.

TST Trend Sport Trading GmbH. MFT Bodyteamwok Trainingsgeräte & Balance Board. In: <https://www.mft-company.com/>. Abgerufen am 01. 04 2018.

Valderrabano V, Leumann A, Pagenstert G, Frigg A, Ebnetter L, Hintermann B. Chronische Instabilität des oberen Sprunggelenks im Sport-ein Review für Sportärzte. *Sportverl Sportschad.* 2006;20:177-183.

van Rijn RM, van Os AG, Bernsen RM, Luijsterburg PA, Koes BW, Bierma-Zeinstra SM. What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review. *Am J Med.* 2008;121(4):324-331.

Verhagen E, van der Beek A, Twisk J, Bouter L, Bahr R, van Mechelen W. The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. *Am J Sports Med.* 2004;32(6):1385-93.

Wellsandt E, Failla MJ, Snyder-Mackler L. Limb symmetry indexes can overestimate knee function after anterior cruciate ligament injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017;47(5):334-338.

Zech A, Hübscher M. Sensomotorisches Training zur Prävention von Sprunggelenksverletzungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.* 2012;63:5-8.

Ziai P. Sprunggelenktraumen - Update einer häufigen Verletzung. *Ärzte Krone.* 2016; 44-46.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verletzte Körperregionen im Rahmen von Sportunfällen bei Männern und Frauen (Abbildung aus „Sportunfälle- Häufigkeiten, Kosten, Prävention“, © H.Gläser und T.Henke, (Gläser, et al., 2000)) (Mit freundlicher Genehmigung von T. Henke).....	2
Abbildung 2: Entwicklungsgeschichtliche Darstellung des aufrechten Ganges, © akg-images/ Johann Brandstetter (Brandstetter, 1998) (Mit freundlicher Genehmigung von akg-images)	7
Abbildung 3: Anatomie der Gelenkflächen des OSG sowie des USG, © Medi-Learn (Medi-Learn, 2015) (Mit freundlicher Genehmigung von Medi-Learn).....	8
Abbildung 4: Das Sprunggelenk als funktionelle Einheit (eigene Darstellung)	9
Abbildung 5: Bewegungsausmaß nach Neutral- Null- Methode im OSG und USG, © Georg Thieme Verlag, (Schünke, et al., 2005) (Mit freundlicher Genehmigung vom Georg Thieme Verlag).....	10
Abbildung 6: Vier Elemente der fähigkeitsbezogenen Fitness (eigene Darstellung).....	16
Abbildung 7: Auszug aus dem Fragebogen – subjektive Evaluation am Beispiel des Side-Hops.....	19
Abbildung 8: Auszug aus dem Fragebogen – Abschnitt sportliche Aktivität	20
Abbildung 9: Auszug aus dem Fragebogen – Funktionsstörungen und Beschwerden (Stüber, et al., 2011)	20
Abbildung 10: AOFAS Score Vorfußstrahl 2-5 (Richter, et al., 2006).....	21
Abbildung 11: MFT Challenge Disc	23
Abbildung 12: Optojump Next mit 2D Videokamera, Laptop und Proband.....	24
Abbildung 13: Speedcourt mit Proband	25
Abbildung 14: EMG Elektroden sowie Markierungen.....	27
Abbildung 15: Aufbau des testspezifischen Aufwärmprogramms mit Proband	28
Abbildung 16: MFT Challenge Disc mit Proband während einer Messung	30
Abbildung 17: Side Hop mit Proband während einer Testung.....	31
Abbildung 18: Graphische Darstellung der Felder des Speedcourts	32
Abbildung 19: Speedcourt L-Speed mit Proband während der Messung	33
Abbildung 20: Speedcourt M- Speed mit Proband während der Messung	34
Abbildung 21: Vorverletzung mit/ohne subjektive Instabilitäten	37
Abbildung 22: Instabilitäten mit/ ohne Vorverletzung.....	38

Abbildung 23: Schematische Darstellung der Perzentile in den Boxplots.....	44
Abbildung 24: Kumulierte relative Häufigkeit der MFT-Trainingslevel im Vergleich Mann vs. Frau.....	49
Abbildung 25: Kumulierte relative Häufigkeit der MFT-Trainingslevel im Vergleich der beiden Durchläufe (DL).....	50
Abbildung 26: kumulierte relative Häufigkeit der MFT-Trainingslevel im Vergleich der Gruppen – vorverletzt oder instabil – und – nicht vorverletzt und stabil –.....	51
Abbildung 27: kumulierte relative Häufigkeit der MFT-Trainingslevel im Vergleich der Versuche linkes und rechtes Bein.....	52
Abbildung 28: Histogramm der Flugzeiten aller Probanden sowie angepasste Normalverteilung.....	57
Abbildung 29: Kumulierte relative Häufigkeit der Flugzeiten und Boxplot.....	58
Abbildung 30: Histogramm der Kontaktzeiten aller Probanden	59
Abbildung 31: Kumulierte relative Häufigkeit der Kontaktzeiten und Boxplot	60
Abbildung 32: Histogramm der Gesamtzeit aller Probanden sowie angepasste Normalverteilung.....	62
Abbildung 33: Kumulierte relative Häufigkeit der Gesamtzeit und Boxplot.....	63
Abbildung 34: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert nach Männern und Frauen.....	68
Abbildung 35: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert nach linker und rechter Wendezeit	69
Abbildung 36: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert zwischen den Gruppen – instabil oder vorverletzt – sowie – stabil und unverletzt –.....	70
Abbildung 37: Kumulierte relative Häufigkeit der Gesamtzeiten, differenziert zwischen Männern und Frauen.....	72
Abbildung 38: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert nach Männern und Frauen.....	74
Abbildung 39: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert zwischen den Gruppen – nicht vorverletzt und stabil – sowie – vorverletzt oder instabil –.....	75
Abbildung 40: Kumulierte relative Häufigkeit der Wendezeiten, differenziert zwischen den linken, rechten, vorderen und hinteren Wendezeiten	76

Abbildung 41: Kumulierte relative Häufigkeit der Gesamtzeiten, differenziert zwischen Männern und Frauen..... 77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Merkmale und Verteilung der Probanden	36
Tabelle 2: Anzahl und Art der Vorverletzungen (Vv) am Fuß/Instabilitäten (I).....	37
Tabelle 3: Subjektive Bewertung von Instabilitäten und Schmerzen über alle Testungen	39
Tabelle 4: Subjektive Bewertung von Instabilitäten und Schmerzen, aufgeteilt nach den Testungen	40
Tabelle 5: Häufigkeit sportlicher Betätigung der Probanden	41
Tabelle 6: Scorewerte aller Probanden aufgeteilt in nicht Vv und/oder I und Vv und/oder I.....	42
Tabelle 7: AOFAS Score der 23 nicht Vv und nicht I Probanden sowie der 17 Vv und/oder I Probanden.....	43
Tabelle 8: Verteilung der Subgruppen in Bezug auf das MFT Trainingslevel	45
Tabelle 9: Deskriptive Statistik zu den Ergebnissen der MFT Challenge Disc	46
Tabelle 10: Koordinierungserfolg aufgeteilt nach links und rechts sowie nach Verletzungshistorie.....	47
Tabelle 11: Signifikanzniveaus des MFT Trainingslevel.....	47
Tabelle 12: Deskriptive Statistik zu den Ergebnissen der einzelnen Versuche der MFT Challenge Disc.....	48
Tabelle 13: Verteilung der Subgruppen in Bezug auf die gemessenen Zeiten des „Side- Hop“	53
Tabelle 14: Deskriptive Statistik zu den Ergebnissen der Testung "Side-Hop"	54
Tabelle 15: Deskriptive Statistik zu den Ergebnissen der einzelnen Versuche der Testung „Side-Hop“	55
Tabelle 16: Signifikanzniveau der Flugzeit links und rechts	59
Tabelle 17: Signifikanzniveau der Kontaktzeit links und rechts.....	61
Tabelle 18: Gesamtzeiten, jeweils differenziert nach links und rechts sowie nach Verletzungshistorie.....	64
Tabelle 19: Signifikanzniveau der Gesamtzeiten links und rechts.....	64
Tabelle 20: Verteilung der Subgruppen in Bezug auf die Wendezeiten beim L-Speed. 65	
Tabelle 21: Mittelwert und Standardabweichung der Gesamt- und Wendezeiten	66
Tabelle 22: Mittelwert und Standardabweichung der Wendezeit rechts und links	67

Tabelle 23:Wendezeiten, differenziert nach links und rechts sowie nach Verletzungshistorie.....	71
Tabelle 24: Signifikanzniveau der Wendezeiten links und rechts.....	71
Tabelle 25: Verteilung der Subgruppen in Bezug auf die Gesamtzeit	73
Tabelle 26: Signifikanzniveau der Gesamtzeit.....	78

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
OSG	Oberes Sprunggelenk
USG	Unteres Sprunggelenk
Art	Articulatio
LFTA	Lig. fibulotalare anterior
LFTP	Lig. fibulotalare posterior
LFC	Lig. fibulocalcaneare
Vv	Vorverletzungen
I	Instabilitäten
VAS FA	Visual Analog Skala Fuß & Sprunggelenk
AOFAS	American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score
TA	Musculus tibialis anterior
PL	Musculus peroneus longus
L-Speed	Lateral Speed
M-Speed	Multidirektional Speed

Danksagung

Mein tiefer Dank gilt zunächst Herrn Dr. med. Kai Fehske für die Bereitstellung des Themas sowie die gute Betreuung im Rahmen dieser Arbeit.

Ein besonderer Dank geht zudem an Herrn Diplom Sportwissenschaftler Christian Zantop, welcher durch sein Fachwissen sowie seine praktischen Erfahrungen signifikant bei der Entwicklung der Testbatterie beigetragen hat.

Ein weiterer Dank gilt darüber hinaus Herrn Dr. med. Tomas Buchhorn, welcher sich während seiner Sprechzeiten die Zeit genommen hat um mir die klinische Untersuchung des Sprunggelenks mit den entsprechenden Pathologien näher zu erläutern.

Felicia Harris, Christopher Früh und Martin Oertl möchte ich für Ihre hilfreiche Unterstützung und Ihr Engagement während der Testvorbereitungen und Testdurchführungen ebenfalls danken.

Ein weiterer Dank geht an alle freiwilligen Probanden, welche sich Zeit für die Durchführung der einzelnen Tests genommen haben.

Ein besonderer Dank geht an meine Familie, welche mich immer beim Erreichen meiner Ziele unterstützt haben. Meiner Schwester Eva danke ich zudem herzlich für das Korrekturlesen des Manuskripts.

Zuletzt geht ein besonderer Dank an Marc, welcher stets an mich glaubt und bei der Erreichung all meiner Ziele immer hinter mir steht und so nicht nur zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Anhang

Fragebogen 1: Subjektive Evaluation von Schmerz, Stabilität unter sportlicher Belastung

Subjektive Evaluation von Schmerz, Stabilität unter sportlicher Belastung

Name: _____

Bitte setzen Sie in den folgenden Skalen von 1-10 mit einem Stift ein Kreuz, welches Ihr subjektives Empfinden in Bezug auf Ihr Sprunggelenk am Besten widerspiegelt. Die Skalen beginnen jeweils mit 1 ("Kein Schmerz", "Keine Instabilität") und gehen mit zunehmender Intensität der Symptome bis 10 ("Stärkste vorstellbare Schmerzen", "Stärkste vorstellbare Instabilität").

Jeder Proband hat seinen eigenen Fragebogen und nimmt ihn zu den jeweiligen Tests mit. Insgesamt sind 5 Tests zu absolvieren. Vielen Dank für Ihre Mitarbeit und viel Spaß bei den Testungen.

1. MFT	Kein Schmerz <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkster vorstellbarer Schmerz	R
	Keine Instabilität <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkste vorstellbare Instabilität	
	Kein Schmerz <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkster vorstellbarer Schmerz	L
	Keine Instabilität <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkste vorstellbare Instabilität	

2. Side-Hop	Kein Schmerz <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkster vorstellbarer Schmerz	R
	Keine Instabilität <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkste vorstellbare Instabilität	
	Kein Schmerz <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkster vorstellbarer Schmerz	L
	Keine Instabilität <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkste vorstellbare Instabilität	

3. Speed court (L-Speed)	Kein Schmerz <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkster vorstellbarer Schmerz	R
	Keine Instabilität <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkste vorstellbare Instabilität	
	Kein Schmerz <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkster vorstellbarer Schmerz	L
	Keine Instabilität <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkste vorstellbare Instabilität	

4. Speed court (M-Speed)	Kein Schmerz <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkster vorstellbarer Schmerz	R
	Keine Instabilität <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkste vorstellbare Instabilität	
	Kein Schmerz <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkster vorstellbarer Schmerz	L
	Keine Instabilität <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 Stärkste vorstellbare Instabilität	

Fragebogen 2: Fragebogen zu sportlichen Aktivität

Fragebogen zur sportlichen Aktivität

Name: _____

1. Wie sportlich aktiv fühlst du dich?

Im Vergleich zu gleichaltrigen Personen fühle ich mich	
viel weniger aktiv	<input type="checkbox"/>
weniger aktiv	<input type="checkbox"/>
gleich aktiv	<input type="checkbox"/>
aktiver	<input type="checkbox"/>
viel aktiver	<input type="checkbox"/>

2. Berufliche Bindung an den Sport?

	ja	nein
Sportstudent	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Berufssportler	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Freizeitsportler	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trainer / Therapeut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Dominanz

	links	rechts	egal
Rechtshänder/Linkshänder?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit welcher Hand schreibst du?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Linksfüßler/Rechtsfüßler?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Was ist dein Sprungbein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Was ist dein Schussbein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Was ist dein Wurf-/Schlagarm?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welches Bein ist bei dir beim Tiefstart vorne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welches Bein ist bei dir beim Snowboard-/Skateboardfahren vorne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auf welchem Bein fühlst du dich beim Einbeinstand stabiler?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Sportliche Aktivität insgesamt

Wie viele Stunden pro Woche betätigst du dich sportlich?	
nie	<input type="checkbox"/>
selten (< 2 h/Woche)	<input type="checkbox"/>
häufig (2 - 4 h/Woche)	<input type="checkbox"/>
regelmäßig (4 - 6 h/Woche)	<input type="checkbox"/>
viel (6 - 8 h/ Woche)	<input type="checkbox"/>
sehr viel (> 8 h/ Woche)	<input type="checkbox"/>

5. Sprungkrafttraining

Wie häufig trainierst du aktiv deine Sprungkraft?	
nie	<input type="checkbox"/>
selten (< 1 h/Woche)	<input type="checkbox"/>
häufig (1 - 2 h/Woche)	<input type="checkbox"/>
regelmäßig (2 - 3 h/Woche)	<input type="checkbox"/>
viel (3 - 4 h/ Woche)	<input type="checkbox"/>
sehr viel (> 4 h/ Woche)	<input type="checkbox"/>

6. Sprunggelenk allgemein

	ja	nein
Sprunggelenksinstabilität re	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sprunggelenksinstabilität li	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sprunggelenks- OP re	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sprunggelenks- OP li	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sprunggelenks- Bandage re	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sprunggelenks- Bandage li	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sprunggelenks- Vorerkrankungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------------	--------------------------	--------------------------

wenn ja, welche: _____

Fragebogen 3: Visual Analog Skala (VAS FA)

Fuß und Sprunggelenk		Visual Analog Skala (VAS)	
Name _____	Geschlecht <input type="checkbox"/> m / w	Datum VAS _____	
Geburtstag ____.____.____	Klinik-Lfd.Nr. ____-____	Untersucher ____	Zeitpunkt <input type="checkbox"/> 1 Präoperativ; 2 Postoperativ, vor Implantatentfernung (IE); 3 IE; 4 Nach IE

Hinweise zu den Fragen und zum Ausfüllen des Bogens

Zeitraum:

- Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum vor dem Unfall bzw. der Operation
- Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum zwischen Unfall/Operation und Implantatentfernung (IE)
- Beschreiben Sie bitte nur den aktuellen Zeitraum

(Zutreffendes ist vom Untersucher anzukreuzen)

Auf der Rückseite / nächsten Seite befindet sich ein Fragebogen zum Thema „Fußprobleme“ (z.B. Schmerzen am Fuß). Zur Beantwortung der Fragen steht Ihnen eine Skala in Form einer Linie zur Verfügung. Bitte markieren Sie als Antwort auf jede Frage die Stelle auf der Linie mit einem **Kreuz (x)**, die Ihre persönliche Situation im o.g. Zeitraum (durchschnittlich) am besten wiedergibt. Am linken Rand der Linien befindet sich immer der für Sie negativste Wert. Am rechten Rand befindet sich der für Sie positivste Wert. Schreiben Sie bitte **keine Klartextantworten** wie z.B. „sehr lange, über 2 Stunden“!

Nachfolgend ist eine Beantwortung der Frage „Wie geht es Ihnen heute?“ als Beispiel wiedergegeben:



Die Antwort durch das Kreuz auf der Linie bedeutet in diesem Beispiel, daß es Ihnen heute „ganz gut“ aber nicht „sehr gut“ geht.

Beantworten Sie die Fragen bitte nur negativ, wenn Fußprobleme auch wirklich verantwortlich für die Einschränkung bei einer bestimmten Tätigkeit sind. Beispiel: Die Frage nach Fußproblemen beim Laufen würden Sie vielleicht mit „Laufen unmöglich“ beantworten, weil Sie ggf. die Puste zum Laufen nicht (mehr) haben. Gemeint ist jedoch, ob Sie prinzipiell ohne Fußprobleme laufen könnten oder, ob Ihnen Fußprobleme - wie Schmerzen - das Laufen unmöglich machen.

Bitte beantworten Sie wenn möglich jede Frage! Beantworten Sie nur die Fragen nicht, die für Sie gar nicht zutreffen! Nutzen Sie bitte das Feld „Ergänzungen / Besonderheiten / Bemerkungen“ für Verbesserungsvorschläge und / oder Kritik.

Erläuterung einiger Begriffe:

Körperliche Ruhe: Gemeint ist der Zustand, wenn Sie keine anstrengenden Dinge tun wie z.B. die Zeitung lesen, auf dem Sofa oder im Bett liegen, fernsehen, Musik hören, sich entspannen usw.

Körperliche Belastung: Gemeint ist der Zustand, wenn Sie Tätigkeiten verrichten wie z.B. schwere Gartenarbeiten, schwere berufsbedingte Arbeiten, anstrengenden Sport treiben usw.

Hausarbeiten: Gemeint sind alltägliche Tätigkeiten wie z.B. Fenster putzen, bügeln, staubsaugen, abwaschen, kochen, den Boden wischen, aufräumen usw.

Aktivitäten des täglichen Lebens: Gemeint sind persönliche Tätigkeiten wie z.B. aus dem Bett aufstehen, essen, sich waschen, sich anziehen, sich die Schuhe anziehen, Strümpfe anziehen, sich die Schuhe zubinden usw. Die Antworten auf diese Fragen sollte sich nicht auf Tätigkeiten beziehen, die bereits an anderer Stelle des Fragebogens (z.B. Stehen, Vorbeugen, Tragen von Gegenständen usw.) erfragt werden!

Ergänzungen / Besonderheiten / Bemerkungen



Starkes Hinken, invalidisierend	Wie stark veränderten Fußprobleme Ihr Gangbild?	Keine Veränderung, normales Gangbild
Ständig, immer	Wie oft haben Sie in körperlicher Ruhe Fußschmerzen?	Nie, sehr selten
Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann in körperlicher Ruhe die Fußschmerzen?	Keine Schmerzen
Ständig, immer	Wie oft haben Sie bei körperlicher Belastung Fußschmerzen?	Nie, sehr selten
Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann bei körperlicher Belastung die Fußschmerzen?	Keine Schmerzen
die Schwäche behindert mich erheblich	Haben Sie den Eindruck, dass ein Bein schwächer ist als das andere?	gleiche Kraft wie im gesunden Bein
Ausgedehnte, schmerzhafte Schwielen	Haben Sie Fußschwielen?	keinerlei Schwielenbildung
Mein Fuß/Sprunggelenk ist ständig völlig steif	Haben Sie ein Steifigkeitsgefühl im Bereich Sprunggelenk oder der Fuß?	keinerlei Steifigkeit zu keinem Zeitpunkt
Treppensteigen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Treppensteigen ein?	Treppensteigen ohne Einschränkung möglich
Alter Beruf kann nicht mehr ausgeübt werden	Wie stark schränken Fußprobleme Ihren Beruf ein?	Keine Einschränkung im Beruf
Autofahren unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Autofahren ein (Kupplung, Gas, Bremse)?	Autofahren ohne Einschränkung möglich
Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Fußprobleme stehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
auf einem Bein stehen ist unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Stehen auf einem Bein ein?	keine Einschränkung
Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Fußprobleme gehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
Auch kurzes Laufen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Laufen ein (z. B. Jogging, Waldlauf etc.)?	Längeres Laufen ohne Einschränkung möglich
Allein unmöglich, immer hilfsbedürftig	Wie stark schränken Fußprobleme Aktivitäten des tägl. Lebens ein (z. B. Anziehen, Essen, Waschen etc.)?	Keine Einschränkung
Reisen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Reisen ein (z. B. zugfahren, busfahren, fliegen etc.)?	keine Einschränkung
Ich kann nur orthopädische Schuhe tragen	Haben Sie Probleme passende Schuhe zu finden?	Ich kann jeden Schuh tragen
Auf unebenem Gelände Gehen unmöglich	Wie stark schränken Fußprobleme das Gehen auf unebenem Gelände ein?	keinerlei Einschränkung in unebenem Gelände
komplett gefühllos	Wie stark sind Gefühlsstörungen an Ihrem Fuß/ Ihren Füßen?	Normales Gefühl

Fragebogen 4: Untersuchungsbogen

Proband:

Probandennr.:

Geburtsdatum:

Email-Adresse:

Gewicht:

BMI:

Größe:

Beighton Score^[6] Screening Test zur Feststellung der Hypermobilität

- | | |
|---|------------------|
| 1. Handflächen können bei gestreckten Knien auf den Boden aufgelegt werden | 1 Punkt |
| 2. Überstreckbarkeit der Ellbogen um $\geq 10^\circ$, jeweils rechts und links | je Seite 1 Punkt |
| 3. Daumen berührt den Unterarm | je Seite 1 Punkt |
| 4. Überstreckung des Grundgelenkes des kleinen Fingers auf 90° | je Seite 1 Punkt |
| 5. Überstreckbarkeit der Kniegelenke um $\geq 10^\circ$ | je Seite 1 Punkt |

Bewertung: 0-2 Punkte = nicht hypermobil; 3-4 Punkte = moderat hypermobil; ≥ 5 Punkte = generalisierte Hypermobilität \rightarrow 9max

Beinachse

Genu varum (O)

Genu valgum (X)

Genu recurvatum (Überstreckung Kniegelenk)

Inspektion von Fuß und Sprunggelenk:

- Rückfuß:
 - Normale Rückfußachse
 - Vergrößerter Valguswinkel beim Knickfuß
- Fußinnenrand:
 - Normales Längsgewölbe
 - Abgeflachte Wölbung beim Senkfuß
- Mittelfuß:
 - Normaler Vorfuß
 - Vorfußverbreiterung (Spreizfuß)
- Großzehe:
 - Normale Verhältnisse
 - Hallux valgus

Palpation und Funktionsprüfung:

- USG: Supination/ Pronation
- OSG: Dorsalextension/ Plantarflexion (45-0-60)
- Druckschmerz: Außenbandkomplex, Innenbandkomplex (Deltaband), Syndesmose
- Talusvorschub (Lig talofibular)
- Supinationsstresstest

Fragebogen 5: American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score

Klinik für Fuß- und Sprunggelenkchirurgie Rummelsberg / Nürnberg

American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score

Rückfuß Sektion / Hindfoot Section
(Validierte deutsche Version, max. 100 Punkte)

Schmerz:	1: kein 2: leicht, gelegentlich 3: mittelmäßig, täglich 4: heftig, fast immer	<input type="checkbox"/> 40 Pkt. <input type="checkbox"/> 30 Pkt. <input type="checkbox"/> 20 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Funktion:	1: keine Einschränkung, keine Stütze/ Hilfe 2: keine Einschränkung bei den täglichen Aktivitäten Einschränkung bei Freizeitaktivitäten, keine Hilfen 3: Einschränkungen bei den tägl. Aktivitäten, Freizeitaktivitäten, Stock 4: Starke Einschränkungen bei tägl. Aktivitäten. Gehstütze, Krücke, Rollstuhl, Korsett	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 07 Pkt. <input type="checkbox"/> 04 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Gehstrecke (in Blocks):	1: mehr als 6 2: 4 bis 6 3: 1 bis 3 4: weniger als 1	<input type="checkbox"/> 05 Pkt. <input type="checkbox"/> 04 Pkt. <input type="checkbox"/> 02 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Gehen auf Oberfläche:	1: keine Schwierigkeiten auf sämtlichen Oberflächen 2: geringe Schwierigkeiten auf unebenem Terrain, Treppen, Neigung, Leiter 3: große Schwierigkeiten auf unebenem Terrain, Treppen, Neigungen, Leiter	<input type="checkbox"/> 05 Pkt. <input type="checkbox"/> 03 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Gangabnormalität:	1: keine, leichte 2: augenscheinlich 3: erhebliche	<input type="checkbox"/> 08 Pkt. <input type="checkbox"/> 04 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Sagittale Bewegung:	1: normal, leichte Einschränkung. (30° oder mehr) 2: mäßige Einschränkung (15°-29°) 3: starke Einschränkung (weniger als 15°)	<input type="checkbox"/> 08 Pkt. <input type="checkbox"/> 04 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Hinterfußbewegung (Inversion/ Eversion):	1: normal, oder leichte Einschränkungen (75%- 100% von normal) 2: mäßige Einschränkungen (25%-74%) 3: massive Einschränkungen (weniger als 25%)	<input type="checkbox"/> 06 Pkt. <input type="checkbox"/> 03 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Gelenk-Hinterfuß-Sta- bilität (ap, varus/valgus)	1: stabil 2: definitiv instabil	<input type="checkbox"/> 08 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Achse:	1: gut plantigrader Fuß, Gelenk-Hinterfußachse norm. 2: ausreichend plantigrader Fuß, um einige Grad der Gelenk-Hinterfußachse abweichend o. Symptome 3: nicht plantigrader Fuß, erhebliche Abweichung der Gelenk-Hinterfußachse mit Symptomen	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 05 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.

Zentrum für Fuß- und Sprunggelenkschirurgie Rummelsberg / Nürnberg

American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score

Mittelfuß Sektion / Midfoot Section

(Validierte deutsche Version, max. 100 Punkte)

Schmerz:	1: kein 2: leicht, gelegentlich 3: mittelmäßig, täglich 4: heftig, fast immer	<input type="checkbox"/> 40 Pkt. <input type="checkbox"/> 30 Pkt. <input type="checkbox"/> 20 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Funktion:	1: keine Einschränkungen, keine Stütze/ Hilfe 2: keine Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Einschr. bei Freizeitakt., keine Hilfen 3: Einschr. bei den tägl. Aktivitäten/ Freizeitakt, Stock 4: starke Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Freizeitaktivitäten, Gehstütze, Krücke, Rollstuhl	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 07 Pkt. <input type="checkbox"/> 04 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Schuhwerk:	1: modische Konfektionsschuhe ohne Einlagen 2: Konfektionsschuhe mit Einlagen 3: orthopädische Schuhe	<input type="checkbox"/> 05 Pkt. <input type="checkbox"/> 03 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Gehstrecke (in Blocks):	1: mehr als 6 2: 4 bis 6 3: 1 bis 3 4: weniger als 3	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 07 Pkt. <input type="checkbox"/> 04 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Oberfläche:	1: keine Schwierigkeiten auf sämtlichen Oberflächen 2: geringe Schwierigkeiten auf unebenem Terrain, Treppen, Neigung, Leiter 3: große Schwierigkeiten auf unebenem Terrain, Treppen, Neigungen, Leiter	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 05 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Gangabnorm:	1: keine, leichte 2: augenscheinlich 3: erhebliche	<input type="checkbox"/> 10 Pkt. <input type="checkbox"/> 05 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.
Achse:	1: gut plantigrader Fuß, Mittelfußachse ausgerichtet 2: ausreichend plantigrader Fuß um einige Grad in der Mittelfußachse abweichend, keine Symptome 3: schlecht, non plantigrader Fuß, erhebliche Abweichung der Mittelfußachse, Symptome	<input type="checkbox"/> 15 Pkt. <input type="checkbox"/> 08 Pkt. <input type="checkbox"/> 00 Pkt.

Zentrum für Fuß- und Sprunggelenkschirurgie Rummelsberg / Nürnberg

American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score

Erster Vorfußstrahl / 1st Forefoot Ray (Validierte deutsche Version, max. 100 Punkte)

Schmerz:	1: kein 2: leicht, gelegentlich 3: mittelmäßig, täglich 4: heftig, fast immer	☛ 40 Pkt. ☛ 30 Pkt. ☛ 20 Pkt. ☛ 10 Pkt.
Funktion: (Einschränkung der Aktivität)	1: keine Einschränkungen, keine Stütze/ Hilfe 2: keine Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Einschr. bei Freizeitakt., keine Hilfen 3: Einschr. bei den tägl. Aktivitäten/ Freizeitakt, Stock 4: starke Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Freizeitaktivitäten, Gehstütze, Krücke, Rollstuhl	☛ 10 Pkt. ☛ 07 Pkt. ☛ 04 Pkt. ☛ 00Pkt.
Schuhwerk:	1: modische Konfektionsschuhe ohne Einlagen 2: Konfektionsschuhe mit Einlagen 3: orthopädische Schuhe	☛ 10 Pkt. ☛ 05 Pkt. ☛ 00Pkt.
MTP-Beweglichkeit:	1: normal, oder leichte Einschränkungen (75%- 100% von normal) 2: mäßige Einschränkungen (30%-74%) 3: massive Einschränkungen (weniger als 30%)	☹ 10 Pkt. ☹ 05 Pkt. ☹ 00Pkt.
IP-Bewegung:	1: keine Einschränkung 2: stark eingeschränkt	☹ 05 Pkt. ☹ 00 Pkt.
MTP-IP-Stabilität:	1: stabil 2: eindeutig stabil	☹ 05 Pkt. ☹ 00 Pkt.
Schwiele am Hallux MTP-IP-Gelenk:	1: keine oder symptomlos 2: mit Symptomen	☹ 05 Pkt. ☹ 00 Pkt.
Achsenstellung:	1: gut, Zehen achsengerecht 2: mittelmäßig, gewisse Achsenabweichungen 3: schlecht Achsenfehlstellungen	☹ 15 Pkt. ☹ 08 Pkt. ☹ 00 Pkt.

Zentrum für Fuß- und Sprunggelenkschirurgie Rummelsberg / Nürnberg

American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Score

Vorfußstrahl 2-5 / Forefoot Rays 2-5

(Validierte deutsche Version, max. 100 Punkte)

Schmerz:	1: kein 2: leicht, gelegentlich 3: mittelmäßig, täglich 4: heftig, fast immer	⊕ 40 Pkt. ⊕ 30 Pkt. ⊕ 20 Pkt. ⊕ 00 Pkt.
Funktion: (Einschränkung der Aktivitäten)	1: keine Einschränkungen, keine Stütze/ Hilfe 2: keine Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Einschr. bei Freizeitakt., keine Hilfen 3: Einschr. bei den tägl. Aktivitäten/ Freizeitakt, Stock 4: starke Einschr. bei den tägl. Aktivitäten, Freizeitaktivitäten, Gehstütze, Krücke, Rollstuhl	⊕ 10 Pkt. ⊕ 07 Pkt. ⊕ 04 Pkt. ⊕ 00 Pkt.
Schuhwerk:	1: modische Konfektionsschuhe ohne Einlagen 2: Konfektionsschuhe mit Einlagen 3: orthopädische Schuhe	⊕ 10 Pkt. ⊕ 05 Pkt. ⊕ 00 Pkt.
MTP-Beweglichkeit:	1: normal, oder leichte Einschränkungen (75%- 100% von normal) 2: mäßige Einschränkungen (30%-74%) 3: massive Einschränkungen (weniger als 30%)	⊕ 10 Pkt. ⊕ 05 Pkt. ⊕ 00 Pkt.
IP-Bewegung:	1: keine Einschränkung 2: stark eingeschränkt	⊕ 05 Pkt. ⊕ 00 Pkt.
MTP-IP-Stabilität:	1: stabil 2: eindeutig stabil	⊕ 05 Pkt. ⊕ 00 Pkt.
Hornschwielen in Bezug auf MTP-IP-2- 5:	1: keine oder symptomlos 2: mit Symptomen	⊕ 05 Pkt. ⊕ 00 Pkt.
Achsenstellung:	1: gut, Zehen achsengerecht 2: mittelmäßig, gewisse Achsenabweichungen 3: schlecht Achsenfehlstellungen	⊕ 15 Pkt. ⊕ 08 Pkt. ⊕ 00 Pkt.