



universität  
wien

# MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

**„Gleichgewichtsfähigkeit, gemessen am Posturomed, in  
Bezug auf anthropometrische und Kraft-Parameter“**

Verfasserin der Arbeit

**Katharina Wultsch, Bakk.rer.nat.**

Angestrebter akademischer Grad

**Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)**

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt: Magisterstudium Sportwissenschaften

Betreuer: Ass. Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

## **Danksagung**

In dieser Danksagung möchte ich mich zu Beginn bei allen Personen bedanken, die mich während des Studiums unterstützt haben. Spezieller Dank gebührt dabei vor allem meinen Eltern, die mir dieses Studium überhaupt ermöglicht haben. Meiner Freundin Karin Hagauer danke ich besonders für ihre herzlichen Motivationsschübe in der letzten Phase der Fertigstellung.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Wolfgang Rausch, der mir das Forschungspraktikum im Heeressportzentrum, der Abteilung Heeres-Sportwissenschaftlicher Dienst, und das Zustandekommen dieser Arbeit erst ermöglichte.

Meinem Betreuer Herrn Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan danke ich für die tolle Unterstützung, die Anregungen, das Ermöglichen dieser Arbeit und vor allem für seine Geduld.

## **Abstract**

### **Deutsche Version**

Das Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss von anthropometrischen Faktoren und isometrischen Kraft-Parametern in Bezug auf die Gleichgewichtsfähigkeit im einbeinigen Stand bei jungen Männern herauszufinden. Es wurde zudem untersucht, ob ein Unterschied zwischen den Leistungen der Gleichgewichtsfähigkeit der Beine zu finden ist.

Im Zuge der Untersuchungen an über 1000 stellungspflichtigen Männern aus ganz Österreich, konnten von 875 Stellungspflichtigen die Daten ausgewertet werden. Diese Probanden absolvierten Testungen an den Geräten Posturomed (Fa. Haider Bioswing, Pullenreuth) und Myoline Professional (Fa. Diers International, Schlangenbad), womit die Gleichgewichtsfähigkeit bzw. die isometrische Kraftfähigkeit erfasst wurden. Darüber hinaus wurden auch anthropometrische Messungen vorgenommen.

Es konnte ein signifikanter Zusammenhang für die Gleichgewichtsfähigkeit und die anthropometrischen Parameter Body-Mass-Index, Körpergewicht und Umfang der Taille gefunden werden, dessen Ausprägung aber nur sehr gering war. Die Untersuchung auf einen Unterschied zwischen den drei BMI-Klassen untergewichtig, normalgewichtig und übergewichtig zeigte, dass die Probanden mit niedrigem bzw. normalem Body-Mass-Index bessere Leistungen als die übergewichtigen Probanden erzielten. Bei den Berechnungen im Bezug zu der Kraftfähigkeit der Muskulatur von Beinen, Rumpf und der gesamten Muskulatur konnten auch einige signifikante Korrelationen gefunden werden, deren Ausprägung nur sehr schwach vorhanden war. Bei allen Messungen konnte eine hohe Standardabweichung festgestellt werden. Dies führt zu der Interpretation des Ergebnisses, dass die Gleichgewichtsfähigkeit von einer Vielzahl von Faktoren abhängig ist. Es konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden der besagt, dass die Leistung des linken Beines im Vergleich zum rechten Bein wesentlich besser ausfiel.

**Schlüsselwörter:** Gleichgewichtsfähigkeit, isometrische Kraft, anthropometrische Parameter, Seitigkeit, posturale Haltung, einbeiniger Stand, Posturomed

## **Englische Version**

The goal of this work was to ascertain the influence of anthropometric factors and isometric strength parameters in relation to sense of balance of young men in a one-legged standing position. In addition, it was examined as to whether a difference exists between the performances of the balancing abilities of the legs.

In the course of the studies including data of more than 1000 Austria wide military male applicants, the data from 875 of these subjects was able to be evaluated. These subjects completed testing with devices from Posturomed (Fa. Haider Bioswing, Pullenreuth) as well as Myoline Professional (Fa. DIERS International, Schlangenbad), with which ability to balance as well as isometric strength were measured. In addition, anthropometric measurements had been performed.

A significant relationship between the balance ability and anthropometric parameters of body mass index, body weight, and waist circumference had been assessed, but the effect size is quite small. The study including the difference between the three BMI categories: underweight, average weight and overweight and showed that the subjects with low or normal body mass index achieved better performance than obese subjects. The calculations in relation to the strength of the muscles of the leg, torso, and of the entire musculature revealed various significant correlations although the effect was a small one. Through the measurements, large standard deviations were found. This leads to the interpretation of the results that the balance ability is dependent on various factors. It could be noted there was that a significant difference in the performance of the left leg in comparison with the right leg with better performance values for the left leg.

**Keywords:** balance, isometric strength, anthropometric parameters, laterality, postural stability, one-legged stance, Posturomed

# Inhaltsverzeichnis

|   |             |
|---|-------------|
| <b>1. Einleitung</b>                              | <b>S.8</b>  |
| <b>2. Theoretische Grundlagen</b>                 | <b>S.11</b> |
| 2.1. Koordinative Fähigkeiten                     | S.11        |
| 2.1.1. Allgemein                                  | S.11        |
| 2.1.2. Gleichgewichtsfähigkeit                    | S.12        |
| 2.1.2.1. Statisches und dynamisches Gleichgewicht | S.13        |
| 2.1.2.2. Einflussfaktoren auf das Gleichgewicht   | S.15        |
| 2.1.2.2.1. Allgemein                              | S.15        |
| 2.1.2.2.2. Physikalische Einflussfaktoren         | S.15        |
| 2.1.2.3. Posturale Kontrolle                      | S.17        |
| 2.1.2.3.1. Sensomotorik                           | S.18        |
| 2.2. Kraft  | S.20        |
| 2.2.1. Allgemein                                  | S.20        |
| 2.2.2. Kraft- und Gleichgewichtsfähigkeit         | S.21        |
| 2.3. Anthropometrische Faktoren                   | S.23        |
| 2.3.1. Seitigkeit/ Lateralität der Beine          | S.23        |
| 2.3.1.1. Allgemein                                | S.23        |
| 2.3.1.2. Seitigkeit und Gleichgewichtsfähigkeit   | S.24        |
| 2.3.2. Body Mass Index                            | S.25        |
| 2.3.2.1. Allgemein                                | S.25        |
| 2.3.2.2. BMI und Gleichgewichtsfähigkeit          | S.26        |
| 2.3.3. Körpergewicht und Gleichgewichtsfähigkeit  | S.27        |
| 2.3.4. Körpergröße und Gleichgewichtsfähigkeit    | S.28        |
| <b>3. Hypothesenbildung</b>                       | <b>S.30</b> |
| 3.1. Hypothesenbildung                            | S.30        |
| 3.1.1. Anthropometrische Faktoren                 | S.30        |
| 3.1.2. Kraftparameter                             | S.32        |
| 3.1.3. Seitigkeit                                 | S.33        |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>4. Probanden und Methoden</b>   | <b>S.34</b> |
| 4.1. Untersuchungsdesign   | S.34        |
| 4.2. Probanden   | S.36        |
| 4.3. Messgeräte  | S.40        |
| 4.3.1. Posturomed  | S.40        |
| 4.3.1.1. Testsystem  | S.40        |
| 4.3.1.2. Messwerte   | S.41        |
| 4.3.1.3. Testablauf  | S.42        |
| 4.3.2. Myoline Professional  | S.45        |
| 4.3.2.1. Testsystem  | S.45        |
| 4.3.2.2. Messwerte   | S.45        |
| 4.3.2.3. Testablauf  | S.47        |
| 4.3.2.3.1. Messung der Beinkraft   | S.49        |
| 4.3.2.3.2. Messung der Rumpfkraft  | S.49        |
| 4.3.2.3.3. Messung der Armkraft  | S.50        |
| 4.3.2.3.4. Messung der Handkraft   | S.50        |
| 4.4. Anthropometrische Messungen   | S.51        |
| 4.5. Statistische Datenverarbeitung  | S.51        |
| <br>   |             |
| <b>5. Ergebnisse</b>   | <b>S.52</b> |
| 5.1. Anthropometrische Faktoren und Gleichgewicht                              | S.52        |
| 5.1.1. BMI und Gleichgewicht   | S.52        |
| 5.1.1.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen BMI und Gleichgewicht           | S.52        |
| 5.1.1.2. Überprüfung auf Unterschied zwischen BMI-Klassen und Gleichgewicht    | S.53        |
| 5.1.2. Körpergewicht und Gleichgewicht   | S.55        |
| 5.1.2.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Gleichgewicht | S.55        |
| 5.1.3. Körpergröße und Gleichgewicht   | S.56        |
| 5.1.3.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Körpergröße und Gleichgewicht   | S.56        |

|          |   |      |
|----------|---|------|
| 5.1.4.   | Umfang der Taille und Gleichgewicht   | S.57 |
| 5.1.4.1. | Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Umfang der Taille und Gleichgewicht                                 | S.57 |
| 5.1.5.   | Sitzhöhe und Gleichgewicht  | S.58 |
| 5.1.5.1. | Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Sitzhöhe und Gleichgewicht  | S.58 |
| 5.1.6.   | Beinlänge und Gleichgewicht   | S.59 |
| 5.1.6.1. | Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Beinlänge und Gleichgewicht   | S.59 |
| 5.2.     | Kraftparameter und Gleichgewicht  | S.60 |
| 5.2.1.   | Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Kraftfähigkeit der Rumpfmuskulatur und Gleichgewicht                | S.60 |
| 5.2.2.   | Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Kraftfähigkeit der Beinmuskulatur und Gleichgewicht                 | S.61 |
| 5.3.     | Seitigkeit und Gleichgewicht  | S.66 |
| 5.3.1.   | Überprüfung auf Unterschied zwischen dem rechten und linken Bein in Bezug auf die Gleichgewichtsfähigkeit | S.66 |

## **6. Diskussion** **S.68**

|        |                                     |      |
|--------|-------------------------------------|------|
| 6.1.   | Probanden                           | S.68 |
| 6.2.   | Diskussion der Methodik             | S.69 |
| 6.3.   | Diskussion der Ergebnisse           | S.69 |
| 6.3.1. | Body-Mass-Index                     | S.69 |
| 6.3.2. | Körpergewicht und Umfang der Taille | S.71 |
| 6.3.3. | Körpergröße, Beinlänge, Sitzhöhe    | S.71 |
| 6.3.4. | Kraftparameter                      | S.72 |
| 6.3.5. | Seitigkeit                          | S.74 |

## **7. Zusammenfassung** **S.75**

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| <b>8. Verzeichnisse</b>      | <b>S.78</b> |
| 8.1. Literaturverzeichnis    | S.78        |
| 8.2. Abbildungsverzeichnisse | S.86        |
| 8.3. Tabellenverzeichnis     | S.86        |
| <br>                         |             |
| <b>9. Anhang</b>             | <b>S.89</b> |
| 9.1. Fragebogen              | S.89        |
| 9.2. Lebenslauf              | S.92        |

# 1 Einleitung

Die Gleichgewichtsfähigkeit ist im täglichen Leben eine essentielle Voraussetzung für vielerlei Tätigkeiten. Die Gleichgewichtskontrolle erscheint auf den ersten Blick simpel, stellt aber tatsächlich eine äußerst komplexe neuromuskuläre Aufgabe dar. Diese Aufgabe erfordert das koordinierte Zusammenspiel zahlreicher Muskeln, Sehnen und Gelenke, die wiederum auf umfangreichen supraspinalen Prozessen beruhen und die Voraussetzung vieler alltäglicher beziehungsweise sportlicher Bewegungen darstellen (Iqbal, 2011; Macpherson, Fung und Jacobs, 1997; Mancini und Horak, 2010).

Die Erfassung und Kontrolle der Gleichgewichtsleistung, sowie anderer koordinativer und konditioneller Parameter ist im sportlichen und therapeutischen Bereich mittlerweile gang und gäbe. Nicht nur die Erfassung der Leistungszustände, sondern auch die Verbreitung des sensomotorischen Trainings hat in den letzten Jahren an Bedeutung zugenommen. Das Training der koordinativen Fähigkeiten ist im sportlichen Bereich, in der Rehabilitation und Prophylaxe von Verletzungen inzwischen Standard. (Boer, 2006; Hirtz, Hotz und Ludwig, 2005; Teasdale, Hue, Marcotte, Berrigan, Simoneau, Dore, Marceau P., Marceau S. und Tremblay, 2007)

Das österreichische Bundesheer hat jedes Jahr rund 45.000 stellungspflichtige Männer auf ihre psychische und physische Tauglichkeit zu prüfen. Rund 90% jedes Stellungsjahrganges werden dabei als tauglich für den Wehrdienst befunden ([www.bmlv.gv.at](http://www.bmlv.gv.at)).

Ein Teil der medizinischen Überprüfung der körperlichen Eignung ist die Erhebung der isometrischen Kraft am sogenannten Kraftstuhl. Da dieses Gerät bereits seit 1978 im Einsatz ist, wurde angedacht den alten Kraftstuhl durch ein adäquateres Messinstrument zu ersetzen. Im Jahr 2010 wurde daher das Kraftmessgerät „Myoline Professional“ (Fa. Diers International, Schlangenbad) angeschafft, welches die isometrische Muskelkraft misst. Im Zuge dieser Erneuerung wurde ein weiteres Gerät namens „Posturomed“ (Fa. Haider Bioswing, Pullenreuth) in die sportmotorische Testbatterie aufgenommen, um die Gleichgewichtsfähigkeit der stellungspflichtigen Männer zu überprüfen.

Das Posturomed ist ein Diagnose- und Trainingsgerät, welches vor allem zu therapeutischen Zwecken verwendet wird, um koordinative Defizite beziehungsweise auch Defizite der neuromuskulären Stabilisation zu erfassen. Dieses Gerät erlaubt darüber hinaus auch die Erfassung der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit und Mechanismen der posturalen Kontrolle. Das Posturomed besteht aus einer schwingenden Platte, die an Dämpfungselementen aufgehängt ist. Das Gerät wird auch nach Verletzungen und Operationen oft eingesetzt, um Defizite in der Koordination und Stabilisation, sowie sensomotorische Steuerungsmechanismen zu verbessern. Im Training wird am Posturomed trainiert, um die koordinativen Fähigkeiten zu verbessern. Das Posturomed wurde in die medizinische Überprüfung aufgenommen, um die Gleichgewichtsfähigkeit, als zumindest einen Teilbereich der koordinativen Fähigkeiten, zu erheben. (www.bioswing.de; Müller, Günther, Krauß und Horstmann, 2004)

Das grundlegende Anliegen des Bundesheeres war es, die sportmotorische Testung den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und neuen gerätetechnischen Möglichkeiten entsprechend anzupassen.

Das zentrale Ziel dieser Arbeit ist es, die Gleichgewichtsfähigkeit stellungspflichtiger Österreicher in Bezug auf diverse Parameter zu prüfen. Es werden dabei drei Bereiche auf ihren Zusammenhang bzw. Unterschied in Bezug auf die Gleichgewichtsfähigkeit untersucht.

Im ersten Teil soll herausgefunden werden, ob anthropometrische Parameter, wie Körpergewicht, Körpergröße, den daraus resultierenden Body-Mass-Index, Sitzhöhe, Beinlänge, etc. Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit der Probanden haben.

In weiterer Folge wird die Gleichgewichtsfähigkeit in Bezug auf die erhobenen Kraftmessungen analysiert. Hier sind vor allem die einzelnen Kraftmessungen an den unteren Extremitäten, der Rumpfmuskulatur und die gebildeten Gesamtwerte interessant zu beurteilen.

Der dritte Bereich bezieht sich auf einen Teil der im Fragebogen erhobenen Daten. Es soll der Zusammenhang zwischen dem dominanten Bein, welches die Probanden im Fragebogen angegeben haben, und dem Ergebnis der Gleichgewichtsmessung überprüft werden.

Anhand der Literaturrecherche in Kapitel 2 ergeben sich folgende Fragen, aus denen die konkreten Hypothesen in Kapitel 3 gebildet werden.

- Inwiefern wirkt sich der Body-Mass-Index, kurz BMI, auf das Balanceverhalten aus; haben Testpersonen mit einem niedrigen BMI ein differenzierteres Balanceverhalten als Personen mit einem hohen BMI?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Messergebnis des Posturomed und dem Körpergewicht? Haben normalgewichtige Personen einen höheren Koordinationswert als übergewichtige Testpersonen?
- Werden das Messergebnis des Posturomed und damit das Gleichgewichtsverhalten durch die Körpergröße beeinflusst? Haben kleinere Testpersonen einen höheren Koordinationswert als größere Testpersonen?
- Bestehen Korrelationen zwischen der Beinlänge/ der Sitzhöhe bzw. dem Umfang der Taille und dem Balanceverhalten?
- Kann eine Korrelation zwischen isometrischen Kraft und der Gleichgewichtsfähigkeit im einbeinigen Stand gefunden werden?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Gleichgewichtsverhalten und der Kraftfähigkeit der Muskulatur des Rumpfes?
- Steht die Kraftfähigkeit des linken (/rechten) Beines in Korrelation zum Gleichgewichtsverhalten des linken (/rechten) Beines?
- Sind Unterschiede zwischen den Messwerten des Gleichgewichts vom linken und rechten Bein zu finden?

## **2 Theoretische Grundlagen**

Im theoretischen Teil der vorliegenden Arbeit werden vorab verschiedene Termini erläutert, die in Hinsicht auf die Messergebnisse und den vorangegangenen Testungen wichtig erscheinen. Es wird versucht den aktuellen Forschungsstand der Wissenschaft aus mehreren Blickwinkeln zu betrachten, um eine einseitige Bearbeitung zu vermeiden.

Die Themenbereiche umfassen im Groben die koordinative Fähigkeiten, die Kraftfähigkeit und die anthropometrischen Faktoren. Bei ersteren steht vor allem die Gleichgewichtsfähigkeit im Vordergrund. Im Zuge dessen werden auch andere Begrifflichkeiten wie etwa Sensomotorik, posturale Haltung, Propriozeption, etc. bearbeitet und eingeordnet. Die Kraftfähigkeit lässt sich wie die koordinativen Fähigkeiten in mehrere Teilbereiche gliedern. Im vorliegenden Themenzusammenhang scheint es vor allem relevant die isometrische Maximalkraft genauer zu betrachten, weil genau diese am Testgerät Myoline Professional erfasst wird. Bei den anthropometrischen Faktoren ist der Begriff Seitigkeit von zentraler Bedeutung. Es wird versucht die Begriffe Beinigkeit und dessen Synonyme Füßigkeit, Seitigkeit, etc. in Bezug auf die Gleichgewichtsfähigkeit genauer zu erläutern.

Mithilfe der bestehenden Literatur sollen die oben genannten Faktoren in Hinsicht auf die Gleichgewichtsfähigkeit bestätigt bzw. hinterfragt werden

### **2.1. Koordinative Fähigkeiten**

#### **2.1.1. Allgemein**

„Koordination ist das Zusammenwirken von Zentralnervensystem und Skelettmuskulatur innerhalb eines gezielten Bewegungsablaufes.“ (Hollmann & Hettinger 2000)

Hohmann, Lames und Letzelter (2003) definieren die Koordination als eine Art Überbegriff für eine Reihe koordinativer Fähigkeiten.

„Die koordinativen Fähigkeiten sind eine Klasse motorischer Fähigkeiten, die vorrangig durch die Prozesse der Bewegungsregulation bedingt sind und relativ verfestigte und generalisierte Verlaufsqualitäten dieser Prozesse darstellen. Sie sind Leistungsvoraussetzungen zur Bewältigung dominant koordinativer Anforderungen. Das charakteristische Merkmal koordinativer Fähigkeiten ist die jeweils spezifische Einheit von Wahrnehmung und motorischer Realisierung.“ (Schnabel, Harre & Krug 2011)

Schnabel et.al (2011) schlüsseln die Vielzahl der koordinativen Fähigkeiten von mehreren Autoren auf. Sie filtern die Fähigkeiten heraus, die bei allen Autoren als fundamental und leistungsbestimmend gelten:

- Differenzierungsfähigkeit
- Orientierungsfähigkeit
- Gleichgewichtsfähigkeit
- Reaktionsfähigkeit
- Rhythmusfähigkeit
- Kopplungsfähigkeit
- Umstellungsfähigkeit

### **2.1.2. Gleichgewichtsfähigkeit**

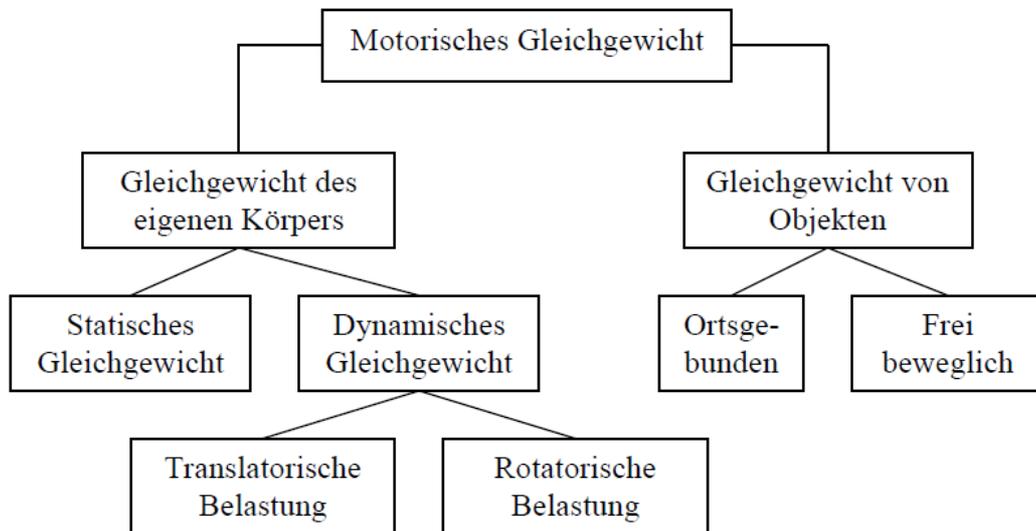
Die Gleichgewichtsfähigkeit ist für die vorliegende Arbeit von besonderer Bedeutung und wird daher ausführlicher bearbeitet.

Als Gleichgewichtsfähigkeit wird die Fähigkeit angeführt, die den gesamten Körper im Gleichgewichtszustand zu halten bzw. während oder nach umfangreichen Verlagerungen des Körpers diesen Zustand beizubehalten oder wiederherzustellen. (Meinel & Schnabel 1987; zit. n. Weineck, 2007, S.795)

Die Gleichgewichtsfähigkeit steht mit den anderen koordinativen Fähigkeiten in enger Verbindung, was eine konkrete Abgrenzung erschwert. Beispielsweise fließt bei der Messung der personenbezogenen Gleichgewichtsfähigkeit die Fähigkeit der kinästhetischen Differenzierung mit ein. Die koordinativen Fähigkeiten bedingen einander und sind als komplexes System zu verstehen. Die Komplexität, die Geschwindigkeit der Regulationsprozesse und fehlende direkte Zugänge bei der wissenschaftlichen Analyse des Gleichgewichts führen deshalb zu Vereinfachungen (Boer, 2006).

Die Bezeichnungen dieser koordinativen Fähigkeit sind vielseitig, wobei die Balancefähigkeit, posturale Stabilität/ Kontrolle, Gleichgewicht oder Balance halten und sensomotorische Gleichgewichtsregulation die am häufigsten gebrauchten Begriffe sind, und auch in dieser Arbeit als Synonym für die Gleichgewichtsfähigkeit verwendet werden.

Fetz (1990) unterscheidet beim motorischen Gleichgewicht zwischen verschiedenen Formen:



**Abbildung 1: Schematische Gliederung des motorischen Gleichgewichts (nach Fetz 1990)**

Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten gelten grundsätzlich auch für den menschlichen Körper. Bei der Unterteilung des motorischen Gleichgewichts muss auf die Besonderheiten des lebenden Körpers geachtet werden. So wird etwa das statische Gleichgewicht beim Menschen durch organische Schwankungen, feinste Vibrationen, wechselnde Muskelspannungen, Verschiebungen von Körperflüssigkeiten, etc. den sogenannten inneren Kräften beeinflusst. Das Gleichgewichtsverhalten des Menschen in ruhiger (statischer) Position wird daher oft als quasistatisch bezeichnet. (Fetz, 1990)

### **2.1.2.1. Statisches und dynamisches Gleichgewicht**

Laut Fetz (1990, S.23) bezieht sich der Ausdruck „dynamisches Gleichgewicht“ bzw. „statisches Gleichgewicht“ im Grunde genommen auf die Bewegungsaufgabe.

Das statische Gleichgewicht bezieht sich auf die Erhaltung des Gleichgewichts in relativer Ruheposition des Körpers, wie zum Beispiel Stehen, Sitzen und Liegen. Es werden dabei Informationen der optischen, kinästhetischen, taktilen und statisch-dynamischen Analysatoren verarbeitet.

Im Gegensatz dazu bezieht sich die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit auf die Haltung und Wiederherstellung des Gleichgewichts bei großräumigen Lageveränderungen und Drehungen des Körpers. Bei der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit sind im Besonderen Informationen vom vestibulären Analysator wichtig, da der im Ohr liegenden Bogenapparat, bestehend aus Bogengängen und zwei blasenförmigen Anteilen, die durch die Winkelbeschleunigung entstehenden Reize registriert. Gleichgewicht kann entweder in einer ruhigen Position des Körpers oder durch eine Bewegungsaufgabe trainiert werden. (Hirtz et al. 2005; Meinel und Schnabel, 2006)

Die Autoren Di Stefano, Clark und Padua (2009) kamen in ihrer Review zum Thema „Gleichgewichtstraining bei gesunden Erwachsenen“ zu dem Ergebnis, dass das Training von Gleichgewicht die statische/ dynamische Balance auf labilen/ stabilen Untergrund verbessern kann. Beispielsweise haben Hochleistungssportler das Potenzial die statische Balance auf einem labilen Untergrund und die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit zu verbessern. Es kommt aber beim Training des statischen Gleichgewichts auf stabilen Untergrund zum sogenannten Deckeneffekt, trotz der Zunahme des Reizes, erfolgt keine Änderung. Die Vielfalt der Trainingsmethoden sollte die Verwendung von Kippbrettern, instabilen Trittflächen beinhalten und auf dynamische Körperbewegung im stabilen Stand setzen.

In der vorliegenden Arbeit war die Bewegungsaufgabe im einbeinigen Stand, mit in der Hüfte abgestützten Händen, auf einer labilen Unterlage für 10 Sekunden zu balancieren. Je ruhiger der Körper steht, desto geringer sind die Schwingungen der Auftrittfläche. Diese Bewegungsaufgabe wird daher zum Halten des statischen Gleichgewichtes auf labilem Untergrund gezählt, da der Körper durch feine Muskelspannungsänderungen in Balance gehalten werden muss.

Damit das Gleichgewicht im Stehen unter statischen Bewegungsmomenten gehalten werden kann, muss die vertikale Projektion des Körperschwerpunkts innerhalb der Unterstützungsfläche liegen (Hof, Gazendam und Sinke, 2005). Das Standgleichgewicht hängt von der effektiven Kontrolle der Drehmomente von Sprung-, Knie- und Hüftgelenk ab. Die Steife eines Gelenks und das Feedback proportional zum Gelenkwinkel tragen zu diesen Drehmomenten und zur posturalen Stabilität bei (Edwards, 2007).

Laut Boer (2006) kann als Maß für die Gleichgewichtsfähigkeit die Dauer der Aufrechterhaltung eines Gleichgewichtszustandes beziehungsweise die Geschwindigkeit und die Qualität der Wiederherstellung des Gleichgewichts angegeben werden.

Bei der durchgeführten Testung der vorliegenden Arbeit dient das Therapie- und Diagnosegerät Posturomed der Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit der Probanden. Geschwindigkeit und Qualität der Wiederherstellung des Gleichgewichts kann dabei über den Gesamtkoordinationswert oder das Gesamtwegsignal der Messplatte quantifiziert werden. Diese beiden Messgrößen werden im Kapitel 4. unter dem Unterpunkt 3.1.2. genauer beschrieben.

### **2.1.2.2. Einflussfaktoren auf die Gleichgewichtsfähigkeit**

#### **2.1.2.2.1. Allgemein**

Das motorische Gleichgewicht ist von vielen Faktoren abhängig. Die Organisation des Gleichgewichts unterliegt einer vielfältigen Informationsaufnahme und deren Verarbeitung mittels verschiedener Analysatoren. Neben dem Vestibularapparat sind die kinästhetischen, taktilen und visuellen Analysatoren von großer Bedeutung. Die Qualität der Balancefähigkeit ist auch abhängig von diversen anthropometrischen Faktoren wie Körpergröße, Körpergewicht, Alter, Geschlecht, etc., der sportmotorischen Erfahrung, physische und psychische Faktoren, sowie diverse äußere Faktoren. (Boer, 2006; Hirtz, 2005; Kejonen, 2003, Weineck, 2007)

Anhand der bestehenden Literatur werden nachfolgend jene Einflussfaktoren betrachtet, welche in der vorliegenden Studie statistisch ausgearbeitet werden.

#### **2.1.2.2.2. Physikalische Einflussfaktoren**

Aus physikalischer Sicht ist das Gleichgewicht eines Körper gegeben, wenn dessen Schwerpunkt über der Standfläche ist. Damit der eigene Körper bzw. ein Gegenstand im Gleichgewicht gehalten wird, muss die Summe der auftretenden Kräfte, nämlich Schwerkraft oder Fliehkräfte, immer durch die Unterstützungsfläche zeigen. (Apolin, 2007; Hof et al., 2005; Mathelitsch & Thaller, 2008)

Am Modell eines verkehrten Pendels ist die Erweiterung dieser Regel für dynamische Situationen zu erklären. Die Position des Körperschwerpunktes plus dessen Geschwindigkeit mal dem Faktor  $\sqrt{l/g}$  ( $l$ = Beinlänge,  $g$  = Erdbeschleunigung) sollte innerhalb der Unterstützungsfläche liegen. (Hof et al. 2005).

Physikalische Aspekte, die auf die Stabilität des Körpers Einfluss haben, sind etwa die Standfläche und deren Beweglichkeit, die einen großen Einfluss auf die Stabilität haben. Je größer und unbeweglicher die Standfläche, desto größer ist die Stabilität des Körpers. Des Weiteren ist das Gleichgewicht einfacher zu halten, wenn die Oberfläche der Standfläche rau bzw. griffig ist. Die Stabilität kann außerdem durch die Vergrößerung der Stützfläche, das Absenken des Körperschwerpunktes, die Vergrößerung der Körpermasse und durch die Verlagerung der Projektion des Schwerpunktes in die Mitte der Stützfläche erhöht werden. (Apolin, 2007; Fetz 1990, S.19f)

Scrivens, Ting, Deweerth (2006) führen aus, dass breitbeinig zu stehen, während der Körper eine seitliche äußere Störung erfährt, generell als leichtere Bewegungsaufgabe betrachtet wird, als im engen Stand. Cote, Brunet, Gansneder und Schultz (2005) sind der Ansicht das selbst geringe biomechanische Änderungen der Stützfläche das Gleichgewicht und somit die Posturale Kontrolle beeinflussen können.

Rougier (2007) untersuchte den relative Beitrag von Variationen der Druckverteilung unter den Füßen, sowie die Verteilung des Körpergewichts auf beide Beine beim aufrechten Stand. Rougier (2007) erläutert, dass die resultierenden Trajektorien<sup>1</sup> des Druckmittelpunkts auf die Kontrolle der Körperbewegungen im aufrechten Stand abzielen. Steht man auf zwei Beinen, werden die Trajektorien durch die angewandten Reaktionskräfte unter jedem Fuß und durch die auf Hüfthöhe eingreifenden Be- und Entladungsmechanismen erzeugt.

Untersuchungen zur Regulation des Standes haben ergeben, dass der Körperschwerpunkt als wichtigste Variable vom Zentralnervensystem kontrolliert werden muss, um das Gleichgewicht aufrecht zu halten. (Mouchnino, Cincera, Fabre, Assaiante, Amblard, Pedotti und Massion, 1996)

---

<sup>1</sup> Der physikalische Begriff Trajektorie bezeichnet eine Raumkurve, entlang der sich ein Punkt, z.B. der Schwerpunkt eines starren Körpers, bewegt.

### **2.1.2.3. Posturale Kontrolle**

Die posturale Kontrolle beschreibt die Aufrechterhaltung und die Wiedererlangung des motorischen Gleichgewichts, wenn durch einen kurzfristigen Impuls die posturale Stabilität gestört wird. (Turbanski & Schmidtbleicher, 2010; Stehle, 2009)

Horak (1987) beschreibt die posturale Kontrolle als die Fähigkeit der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts und Orientierung in der Gravitationsumwelt. Zur Beurteilung wird das posturale Kontrollsystem in drei funktionelle Komponenten unterteilt: Biomechanische Komponenten, Komponenten der Bewegungskoordination und Komponenten der sensorischen Organisation.

Horak (2006) erklärt zudem den Begriff der posturalen Orientierung. Die posturale Orientierung beinhaltet die aktive Ausrichtung des Oberkörpers und des Kopfes unter Berücksichtigung der Schwerkraft, der Unterstützungsfläche, der visuellen Umgebung und diverser interner Referenzen. Die sensorischen Informationen vom sensomotorischen, vestibulären und visuellen System sind dabei integriert und die relative Gewichtung der Inputs ist abhängig vom Ziel der Bewegungsaufgabe und dem umgebungsbedingten Kontext.

Zur Herstellung der posturalen Kontrolle müssen Körperlage, Körperbewegungen, sowie motorische Reaktionen und Aktionen über ein somatosensorisches, vestibuläres und visuelles Feedback System ständig erfasst werden. Dieses Feedback-System ist Teil des Bewegungs- und Zentralnervensystems. (Johansson und Magnusson, 1991)

Diese Abläufe werden größtenteils unbewusst gesteuert, wobei die sensorischen und motorischen Prozesse einander permanent beeinflussen. Die posturale Kontrolle kann durch das sensomotorische System erklärt werden und als sensomotorische Gleichgewichtsregulation bezeichnet werden. (Turbanski et al., 2010; Stehle, 2009)

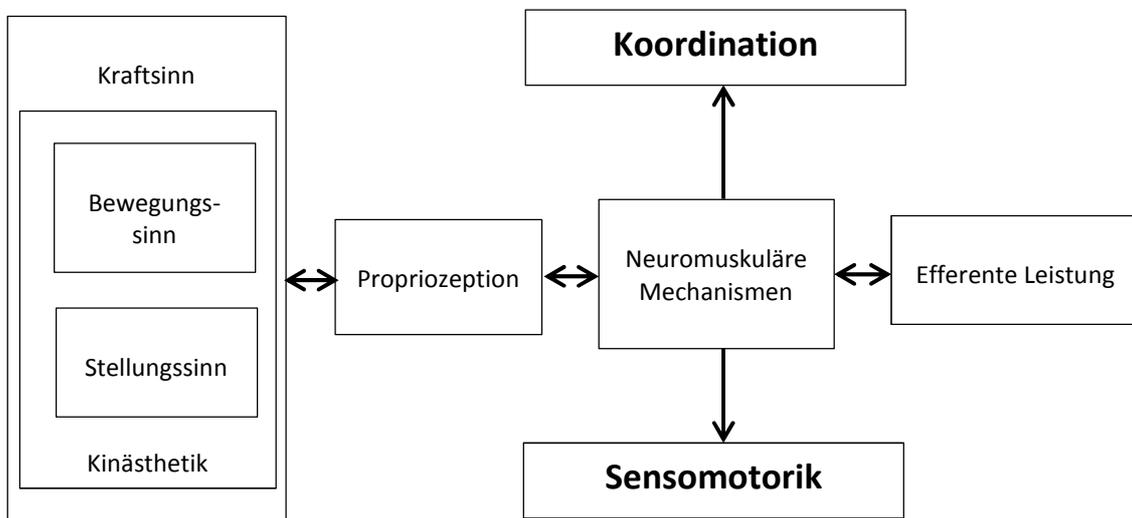
Das System der posturalen Haltung hat zwei Hauptfunktionen. Zum einen muss die aufrechte Haltung gegen die Schwerkraft aufgebaut und gehalten werden. Zum anderen müssen die einzelnen Segmente des Körpers in entsprechender Position fixiert werden, da sie als Bezugsrahmen für die Wahrnehmung und daraus resultierende Handlungen dienen. (Massion, 1994)

### 2.1.2.3.1. Sensomotorik

Laut Wilke (2000) bestimmt der Begriff Sensomotorik das affektive, kognitive und motorische Handeln. Jede motorische Aktion ist von den Meldungen der Sinne abhängig und wird auf verschiedenen Ebenen ständig integriert und koordiniert, damit eine entsprechende Bewegung entstehen kann. Die beiden Prozesse sind voneinander abhängig und können daher nicht getrennt betrachtet werden.

Becker (2004) definiert die Sensomotorik als physiologischen Begriff und die Koordination als sportwissenschaftlicher Begriff, der an folgende Faktoren gebunden ist: funktionsfähige Wahrnehmung, intaktes Nervensystem und leistungsfähige Skelettmuskulatur. Laube (2004) führt weiter aus, dass die Teile des sensomotorischen Systems nie gesondert angesprochen oder einzeln in Funktion versetzt werden können. Die Rezeptoren alleine sind nicht trainierbar, sondern nur das funktionelle beziehungsweise sensomotorische System als Ganzes.

Die Stellung der gebräuchlichen Begriffe Koordination und Sensomotorik zueinander, veranschaulicht Wilke (2000) folgendermaßen (siehe Abb. 2):



**Abbildung 2: Einordnung der Begriffe Koordination, Sensomotorik, neuromuskuläre Mechanismen, Propriozeption und Kinästhetik (Wilke 2000, S.8)**

„Der Begriff der „sensomotorischen Fähigkeiten“ umfasst folglich die neuromuskulären Mechanismen, die wiederum afferente Vorgänge und efferente Abläufe beinhalten. Die Propriozeption mit ihren Qualitäten, dem Kraft-, Bewegungs- und Stellungssinn, von denen die beiden letzteren auch unter dem Begriff der Kinästhetik zusammengefasst werden können, liefert wesentliche Informationen für die Bewegungssteuerung und -regelung. Ein Resultat dieser Prozesse ist die (Bewegungs-) Koordination.“ (Wilke, 2000, S.8)

Zusammenfassend sei nochmal erwähnt, dass im Zuge der vorliegenden Arbeit für die Gleichgewichtsfähigkeit die Synonyme Balancefähigkeit, Posturale Kontrolle/ Stabilität, Gleichgewicht oder Balance halten, sowie sensomotorische Gleichgewichtsregulation Verwendung finden. Der Vollständigkeit halber muss angeführt werden, dass die Bezeichnung „Propriozeptives Training“ mit dem Begriff des „Sensomotorischen Training“ nicht gleichzusetzen ist. Abbildung 2 veranschaulicht, dass das propriozeptive Training vielmehr als Komponente des sensomotorischen Trainings zu verstehen ist. (Stehle, 2009; Wilke, 2000)

## **2.2. Kraft**

### **2.2.1. Allgemein**

Der Begriff Kraft ist sehr umfassend, weshalb dieser in den folgenden Absätzen deutlich eingegrenzt wird.

Ein Muskel entwickelt Kraft durch Spannung, wobei man beim Menschen zwischen der dynamischen und statischen Kraft unterscheidet. Das Augenmerk dieser Arbeit liegt auf der statischen Muskelkraft. Hollmann und Hettinger (2000) bezeichnen die Muskelkraft als die bei einer willkürlichen maximalen statischen Muskelbeanspruchung aufwendbare Kraft. Diese Kraft gibt den Ist-Zustand der Muskelkraft wieder. (Hollmann et al., 2000; Schnabel et al., 2011)

Das gewählte Testgerät Myoline Professional testet laut Hersteller Diers ([www.diers.de](http://www.diers.de)) die isometrische Maximalkraft.

Weineck (2007) definiert die Maximalkraft als „die höchstmögliche Kraft, die das Nerv-Muskel-System bei maximaler willkürlicher Kontraktion auszuüben vermag.“

Das Verb „kontrahieren“, speziell in Bezug auf die Muskulatur, bedeutet „Erhöhung der Spannung bzw. Kraft und Verkürzung erfahren“. Unter gegebenen Umständen erzeugt ein aktivierter Muskel Kraft, wobei ein Muskel der Kraft erzeugt, sich nicht zwangsläufig immer verkürzt. Kontraktion sollte daher als „Erfahren einer Aktivierung und Krafterzeugung des Muskels“ neu definiert werden. Seit Jahrzehnten wird jedoch das Fehlen der Änderung in der Muskellänge als isometrische Kontraktion bezeichnet, was im Grunde genommen widersprüchlich ist. (Faulkner, 2003).

Die maximale willkürliche Kontraktion wird daher in der vorliegenden Arbeit als maximal willkürlicher Kraftentwicklung des Muskels betitelt. Diese musste bei der Testung nicht innerhalb eines Bewegungsablaufes realisiert werden, sondern war gegen einen unüberwindbaren Widerstand auszuüben. Bei der getesteten Muskulatur war die die Position der Muskelpartie bzw. Gliedmaße fixiert, während der Muskel maximale Kraft erzeugen sollte.

### **2.2.2. Kraft- und Gleichgewichtsfähigkeit**

Angyan L., Teczely & Angyan, Z. (2007) untersuchten in ihrer Studie sportliche und unsportliche Studenten, Studentinnen sowie professionelle Basketballplayer. In Bezug auf die Kraftfähigkeit fanden Angyan et al. (2007) heraus, dass eine hohe Korrelation zwischen der Stärke der Rückenmuskulatur und den Ausweichbewegungen des Körpers bei den sportlichen Studenten, Studentinnen und Basketballplayern herrscht. Die Autoren schlussfolgerten, dass eine Erhöhung des BMI, der Muskelkraft und der Ausdauerleistung in Verbindung mit einer besseren posturalen Stabilität steht.

Bruhn, Kullmann und Gollhofer (2006) prüften wie sich die Kombination von hochintensivem Krafttraining und sensomotorischem Training auf die Muskelkraft auswirkt. In ihrer Untersuchung musste eine Trainingsgruppe zuerst 4 Wochen ein hoch intensives Krafttraining und anschließend ein 4 wöchiges sensomotorisches Training absolvieren. Die zweite Trainingsgruppe musste in Summe auch 8 Wochen trainieren, aber zuerst das Sensomotorik-Training und danach das Krafttraining absolvieren; Trainingsinhalte waren ident. Beide Trainingsgruppen hatten nach den ersten 4 Wochen Training einen Kraftzuwachs, die erste Trainingsgruppe um 25% und die zweite Trainingsgruppe um immerhin 10%. Im zweiten Abschnitt konnte nur mehr die zweite Trainingsgruppe eine Verbesserung bei der Kraftentwicklung erzielen. Die Autoren schlussfolgerten, dass es eine ausgeprägte Verbindung zwischen Sensomotorik und Kraftfähigkeit gibt. Zudem können Kraftzuwächse anhand von sensomotorischem Training erzielt werden, wenn es vor dem eigentlichen Krafttraining absolviert wird. Das sensomotorische Training ist als Alternative zum Krafttraining mit hohen Intensitäten geeignet. Dies ist in der Wachstumsphase von Kindern und Jugendlichen, bei verletzten Athleten/Athletinnen oder Athleten/ Athletinnen, die keine hohen Lasten stemmen können von Vorteil.

Allet, Kim, Ashton-Miller, De Mott und Richardson (2012) untersuchten den Zusammenhang der sensomotorischen Funktionen der Frontalebene von Hüft und Sprunggelenk mit dem einbeinigen Stand bei gesunden Personen und Personen mit leichter diabetischer Neuropathie. Die Kraft der Frontalebene der Hüfte war in dieser Studie der beste einzelne Prädiktor für den einbeinigen Stand. Zudem kompensiert dieser Prädiktor die weniger präzise Schwelle der Propriozeption des Sprunggelenks. Dieses Ergebnis ist laut Autoren Allet et al. (2012) klinisch relevant und lässt schließen, dass durch die Kräftigung der Muskulatur rund um die Hüfte der einbeinige Stand verbessert werden kann.

Die Autoren Kouzaki und Mansani (2012) fanden in ihrer Studie einen signifikanten negativen Zusammenhang zwischen dem Muskelvolumen der Plantar-Flexoren und posturaler Schwankungen in den getesteten Altersgruppen „jung“ und „alt“. Altersbezogene Erhöhungen bei der posturalen Schwankungsamplitude (in Richtung anterior-posterior) könnten laut Kouzaki et al. (2012) mit der Verminderung des Muskelvolumen der Plantar-Flexoren zur Erhaltung der aufrechten Körperhaltung in Verbindung gebracht werden.

Ushiyama und Masani, K (2011) fanden auch heraus, dass bei jungen gesunden Männern das Muskelvolumen der Plantar-Flexoren als limitierender Faktor der posturalen Stabilität auftreten kann. Die Ergebnisse ihrer Studie (Ushiyama et al. 2011) zeigten, dass die untersuchten Parameter (z.B. Druckmittelpunkt) mit dem Muskelvolumen negativ korrelierten.

Die Untersuchungen von Muehlbauer, Gollhofer und Granacher (Muehlbauer, Gollhofer und Granacher (a), 2012) stellten hingegen folgendes fest: Die nicht signifikante Korrelation zwischen den statischen und dynamischen Gleichgewichtsmessungen, sowie zwischen statischen/ dynamischen Gleichgewicht, isometrischer Kraft und anderer Kraftvariablen implizieren, dass diese Parameter nicht voneinander abhängen und daher gesondert getestet und trainiert werden sollten.

Muehlbauer, Gollhofer und Granacher (Muehlbauer, Gollhofer und Granacher (b), 2012) untersuchten in einer weiteren Studie die Beziehung zwischen statischer und dynamischer posturaler Kontrolle, isometrischer Kraft und dynamischer Muskelkraft. Die nicht signifikante Korrelation zwischen statischer und dynamischer Gleichgewichtsmessungen, sowie zwischen Gleichgewichts- und Kraftvariablen deutet auch in dieser Studie an, dass die Parameter statische/ dynamische posturale Kontrolle, Gleichgewichtsfähigkeit und Kraft voneinander unabhängig daher getrennt voneinander zu testen und trainieren sind.

In Bezug auf die Bewertung von Verletzungsrisiken fanden Granacher und Gollhofer (2011) folgendes heraus: Die nicht signifikante Korrelation zwischen statischer/ dynamischer Kontrolle und der Muskelkraft deutet an, dass primär dynamische Messungen der posturalen Kontrolle in die Bewertung von Verletzungsrisiken eingebunden werden sollten. Daher sollten für eine Prävention von Verletzungen und etwaige rehabilitative Behandlungen an den unteren Extremitäten die posturale Kontrolle und die Kraftfähigkeit unabhängig voneinander trainiert werden.

## **2.3. Anthropometrische Faktoren**

### **2.3.1. Seitigkeit/ Lateralität der Beine**

#### **2.3.1.1. Allgemein**

Die Seitigkeit ist ein Begriff, der für die Testung am Posturomed von Relevanz ist. Die stellungspflichtigen Probanden mussten diese Testung im einbeinigen Stand mit dem rechten und linken Bein durchführen. Des Weiteren wurde davor im Fragebogen erhoben, welches Bein die Probanden bevorzugen. Auf die Art der Tätigkeit wurde bei der Befragung nicht eingegangen.

Seitigkeit ist ein Überbegriff für alle Merkmale von Symmetrie und Asymmetrie bei paarig angelegten Organen (Oberbeck 1989, S.13).

Es gibt keine generelle Seitigkeit unabhängig von einer speziellen Aufgabe. (Oberbeck, 1989)

Bei der Feststellung der Seitendominanz der Beine gibt es in der Literatur verschiedene Ansätze. Die Bevorzugung eines Beines hängt vor allem von der Aktivität ab. Das Verhältnis der Komponenten Geschicklichkeit und Kraft bei einer Bewegungsausführung spielen dabei eine wichtige Rolle. (Fischer 1988, S.71)

Die Begriffe „Standbein und Schwungbein“ eignen sich um das Anforderungsprofil der jeweiligen Bewegung zu beschreiben. Bei einem Ballstoß geht es vorrangig um die Präzision und Geschicklichkeit des stoßenden Beines. Die Frage nach dem bevorzugten Bein zielt auf das sogenannte Schwungbein ab. Im Gegensatz zum Ballstoß ist im einbeinigen Stand nicht das Schwungbein relevant, sondern das Standbein. Die technische Anforderung ist im einbeinigen Stand niedriger als beim Ballstoß mit dem Fuß. Wasmund (1976, zit. n. Oberbeck 1988, S.40) und Saidow (1982, zit. n. Oberbeck 1988, S.40) erfragten die Beinpräferenz als Standbein bzw. in der Standwaage. Hier gaben 52% (Wasmund, 1976) und nur 26,7% (Saidow, 1982) der untersuchten Personen an, das rechte Bein in den besagten Tätigkeiten zu bevorzugen. Das heißt verdeutlicht, dass eine höhere Bevorzugung des linken Beines als Standbein und in der Standwaage vorliegt.

### **2.3.1.2. Seitigkeit und Gleichgewichtsfähigkeit**

Hoffman, Schrader, Applegate und Koceja (1998) untersuchten die unilaterale posturale Kontrolle beider Beine von gesunden Testpersonen mittels einer Kraftmessplatte. Jede Testperson verrichtete eine Serie funktioneller Tests um die funktionelle Beindominanz herauszufinden. Es wurde kein Unterschied bei der einseitigen posturalen Stabilität des dominanten und nicht-dominanten Beines der getesteten Personen festgestellt.

Greve et al. (2007) konnten in ihrer Studie, keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dominanten und nicht dominanten Bein in Bezug auf das Gleichgewicht nachweisen. Zu erwähnen ist, dass 34 der 40 Probanden ihr rechtes Bein als dominanteres Bein (Schwungbein) nannten. Dies entspricht rund 85 % der Probanden.

Die statische Gleichgewichtskontrolle wurde in der weiteren Studie von Lin, Liu, Hsieh und Lee (2009) definiert durch die Auslenkungsparameter des Druckmittelpunktes auf einer Kraftmessplatte während der Testung im einbeinigen Stand. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der Eversion / Inversion des Sprunggelenks und der statischen Gleichgewichtskontrolle bei dem dominanten und nicht-dominanten Bein festgestellt.

Es wird angenommen, dass jegliche Asymmetrie bei der Eversion/ Inversion des Sprunggelenks mit den gegebenen Winkelgeschwindigkeiten im Ein-Bein-Stand bei jungen, gesunden Erwachsenen von anderen Faktoren als der Bein-Dominanz abhängig ist.

Ziel der Studie von Alonso, Brech, Bourquin und Greve (2011) war es auch den Einfluss der Dominanz der unteren Extremitäten auf das posturale Gleichgewicht zu untersuchen. Die Aufrechterhaltung des posturalen Gleichgewichts erfordert laut Autoren die Erfassung von Körperbewegungen, Integration von sensorischen Informationen im Zentral-Nervensystem und angemessene Bewegungsreaktionen. Die Dominanz der unteren Extremität hat die Gleichgewichtsfähigkeit im einbeinigen Stand auch in dieser Studie nicht beeinflusst.

In einer anderen Studie (Hardt, Benjanuvatra & Blanksby 2009) wurde spezifisch untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der allgemeinen Fußpräferenz und der Kraftentwicklung des Beines zu der Fußpräferenz beim Sprungstart (Schwimmen) zu finden ist. Hardt et al. (2009) fanden heraus, dass die Mehrheit der Athleten/ Athletinnen bessere Ergebnisse mit ihrem dominanten Bein beim Sprungstart erzielen.

Das heißt, sie waren beim Absprung mit ihrem bevorzugten Bein schneller bei der vorher definierten 5m-Markierung. Es gab aber keinen Zusammenhang zwischen diesem Ergebnis und der allgemeinen Bevorzugung eines Beines, die mittels Fragebogen ermittelt wurde.

Inhalt der Studie von Rein, Fabian, Zwipp, Mittag-Bonsch und Weindel (2010) war es den Einfluss von Alter, BMI und Beindominanz auf die peroneale Reaktions-Zeit (=PRT), die Balance-Kontrolle und die Wahrnehmung der Fußposition zu untersuchen. Es wurde für beide Beine eine signifikante Erhöhung der PRT und des allgemeinen Stabilitätsindex (=OSI) im Zusammenhang mit höherem Alter und BMI festgestellt. Der PRT-Wert war beim rechten Bein immer signifikant besser (=schneller) als der vom linken Bein, ungeachtet von der angegebenen Beindominanz. Überraschenderweise erreichten Testpersonen mit dem rechten Bein als dominantes Bein bessere Werte beim allgemeinen Stabilitätsindex im linksbeinigen Ein-Bein-Stand bei dem instabilen Level 2.

Die genannten Studien veranschaulichen die widersprüchliche Sachlage betreffend die Seitigkeit, und dass aufgabenabhängig die Präferenz des Beines/ Fußes heraus zu finden ist.

### **2.3.2. Body Mass Index**

#### **2.3.2.1. Allgemein**

Für die Klassifikation von Unter-, Normal- und Übergewicht wird üblicherweise der Body Mass Index, kurz BMI, herangezogen. Dafür wird das Körpergewicht in Kilogramm durch die Körpergröße in Meter zum Quadrat dividiert. Der BMI ist geschlechtsunabhängig und kann für erwachsene Personen verwendet werden. (Biesalski, Bischoff & Puchstein, 2010)

Der Ausdruck Übergewicht steht üblicherweise für die beiden Begriffe Präadipositas und Adipositas. Präadipositas liegt bei einem BMI von 25 bis 29,9 kg/m<sup>2</sup> vor, während Adipositas ab einem BMI-Wert von 30kg/m<sup>2</sup> und mehr vorliegt. (Biesalski et al., 2010)

### 2.3.2.2. Body-Mass-Index und Gleichgewichtsfähigkeit

Die posturale Stabilität ist die wesentliche Voraussetzung für das Halten des Körpergleichgewichts im ruhigen Stand, bei Bewegungsausführungen und vor allem bei Bewegungen, die einen hohen Grad an Gleichgewichtsfähigkeit erfordern (z.B. Sport und Tanz). Untersuchungen unterschiedlicher Autoren konnten einen Zusammenhang zwischen Stabilität und Körpergewicht finden. Studien konnten den Einfluss des BMI auf die posturale Kontrolle im einbeinigen und beidbeinigen Stand aufzeigen. Im Detail hat Übergewicht einen negativen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit eines Individuums. (Ku, Abu Osman, Yusof & Wan Abas., 2012; Sarkar, Singh, Bansal & Kapoor, 2011)

Die übergewichtigen Testpersonen der Studie von Goulding, Jones, Taylor, Piggot und Taylor (2003) hatten schlechtere Ergebnisse als normal-gewichtige Testpersonen. Dies unterstützt die Meinung der Autoren (Goulding et al., 2003), dass übergewichtige Jungen eine schlechtere Balance haben als normalgewichtige Jungen.

Ein erhöhter Body-Mass-Index kann in Kombination mit Adipositas und zu geringer Muskelmasse eine Verminderung der Gleichgewichtsfähigkeit hervorrufen und ein erhöhtes Sturzrisiko begünstigen. Die Korrelation des Body-Mass-Index und der posturalen Haltung wurde an 40 Probanden untersucht (Greve, Alonso, Bordini & Carmanho, 2007). Ähnlich wie in der vorliegenden Arbeit wurden die Probanden im einbeinigen Stand auf einem labilen Untergrund getestet. Das Testgerät Biodex® Balance System erlaubt eine Inklination<sup>2</sup> von 20 Grad in der horizontalen Ebene in allen Richtungen, und ähnelt in seiner Testfunktion dem Posturomed. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass sowohl beim dominanten als auch beim nicht-dominanten Bein ein Zusammenhang von posturalem Gleichgewicht und dem BMI zu finden ist. Ihrem Urteil zufolge ist es für Männer im Alter zwischen 20 und 40 Jahren mit einem höheren Body-Mass-Index schwieriger das Gleichgewicht im einbeinigen Stand auf labilen Untergrund zu halten. Männer mit einem normalen BMI fällt es hingegen leichter das Gleichgewicht am Biodex® Balance System zu halten.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Teasdale et al. (2007), die ebenso den Effekt des Gewichtsverlustes auf die posturale Stabilität untersuchten. Die männlichen Probanden hatten zum Teil einen BMI von über 50 kg/m<sup>2</sup> und wurden über längere Sicht betreut.

---

<sup>2</sup> Unter Inklination versteht man das Vorneigen des Oberkörpers

Nach erheblicher Abnahme des Körpergewichts verbesserten sich nahezu alle Testergebnisse die posturale Stabilität betreffend. Teasdale et al. (2007) schlussfolgerten, dass die Abnahme Grund für die Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit ist und in direktem Zusammenhang damit steht.

King, Challis, Bartok, Costigan und Newell (2012) kamen zu dem gegenteiligen Schluss, dass BMI, Größe und Körpergewicht einzeln und miteinander betrachtet nur schwache bzw. widersprüchliche Prädiktoren für die getestete posturale Kontrolle sind.

### **2.3.3. Körpergewicht und Gleichgewichtsfähigkeit**

Das Ziel einer Studie von McGraw, McClenaghan und Dickerson (2000) war es die Unterschiede im Gang und der posturalen Stabilität bei übergewichtigen und normalgewichtigen präpubertären Jungen aufzuzeigen.

Die Jungen mussten verschiedene Ganggeschwindigkeiten bewältigen und es wurde die posturale Stabilität anhand von Bodenreaktionskräften analysiert. Die Probanden mussten dabei in zwei unterschiedlichen standardisierten Positionen unter verschiedensten Sichtverhältnissen ruhig stehen. Die Untersuchungen ergaben, dass die übergewichtigen Probanden mit ihrem Körperschwerpunkt in der medialen lateralen Ebene signifikant mehr schwankten, als die normalgewichtigen Probanden. Sie verbrachten auch einen signifikant höheren Prozentanteil des Gangzyklus in der zweibeinigen Standphase. Die Autoren der Studie resümierten, dass die posturale Instabilität, beobachtet bei übergewichtigen präpubertären Jungen, dem höheren Körpergewicht zu Grunde liegt. (McGraw et al. 2000)

Eine weitere Studie (Maffioletti, Agosti, Proietti, Riva, Resnik und Lafortuna 2005) konnte nachweisen, dass eine 3-wöchige Gewichtsreduktion in Kombination mit einem Gleichgewichtstraining bei übergewichtigen Männern im Alter zwischen 20 und 40 Jahren folgende Auswirkungen hatte: Die Probanden konnten die Zeit der Balance-Aufrechterhaltung im einbeinigen Stand erhöhen und zudem das Schwanken des Oberkörpers vermindern.

Übergewichtige Jungen zeigten in der Studie von Deforche, Hills, Worryingham, Davies, Murphy, Bouckaert und De Bourdeaudhuij (2009) eine schlechtere Leistung bei einigen Testungen am „Balance-Master“. Sie hatten z.B. einen langsameren Gewichtstransfer und höhere Schwankungsgeschwindigkeiten im „sit-to-stand-Test“ im Vergleich zu normalgewichtigen Teilnehmern. Am Balance-Balken konnten übergewichtige Jungen ihr Gleichgewicht im einbeinigen Stand nicht solange halten, wie normalgewichtige Jungen.

Zu unterschiedlichen Ergebnissen kamen Autoren die den Zusammenhang vom Körpergewicht und der Gleichgewichtsfähigkeit bzw. posturalen Kontrolle bei älteren Frauen (und Männer) untersuchten. Es wurde in einer Untersuchung festgestellt, dass geringeres Körpergewicht bei Männern und Frauen im Alter von rund 75 Jahren mit einer geringeren posturalen Kontrolle einhergeht. (Era, Schroll, Ytting, Gause-Nilsson und Steen 1996, zit. n. Kejonen et al. 2003, S.1).

Mainenti, Rodrigues, Oliveira, Ferreira, Dias und Silva (2011) kamen aber zu dem Ergebnis, dass Testpersonen mit einem höheren Fettanteil schwächere Leistungen bei der Gleichgewichtskontrolle zeigen. Mainenti et al. (2011) schließen daraus, dass Adipositas im Zusammenhang mit der schlechteren posturalen Kontrolle bei älteren Frauen steht.

Die posturale Kontrolle wird zweifelsohne vom Körpergewicht beeinflusst. Es muss aber die Relation von Fettanteil und fettfreier Körpermasse, sowie das Alter berücksichtigt werden.

#### **2.3.4. Körpergröße und Gleichgewichtsfähigkeit**

Strobel, Spengler, Stefanski, Friemert und Palm (2011) untersuchten den Zusammenhang zwischen Körpergröße und der posturalen Stabilität. Strobel et al. (2011) kamen zu dem Ergebnis, dass die Körpergröße und regelmäßige physische Aktivität die Gleichgewichtsfähigkeit nicht beeinflussen. Im Gegensatz dazu haben ein hoher BMI-Wert und akute physische Aktivität (Ermüdung der Muskulatur) einen stark verschlechternden Effekt auf die Gleichgewichtsfähigkeit.

Das Alter und die Größe tragen gleichermaßen zu den Änderungen der Gleichgewichtsmessungen bei 7- bis 25-jährigen Personen bei. Ansonsten hat Größe keinen Effekt auf die Gleichgewichtsfähigkeit. (Hegeman, Shapkova, Honegger und Allum, 2007)

Die Balance-Zeit im einbeinigen Stand mit geschlossenen oder geöffneten Augen verbesserte sich mit chronologischem Alter und erhöhte sich zudem mit Größe und Gewicht der Probanden. (Balogun, Ajayi und Alawale, 1997)

Die Autoren Kejonen, Kauranen und Vanharanta (2003) untersuchten den Zusammenhang verschiedener anthropometrischer Faktoren und der Balancebewegungen des Körpers im zweibeinigen Stand. Die Probanden / Probandinnen mussten dazu mit Marker versehen einmal mit geöffneten Augen und danach mit geschlossenen Augen 10 Sekunden ruhig stehen. Die maximalen und totalen Bewegungen wurden im dreidimensionalen Format aufgezeichnet und mit den Faktoren Körpergröße, Körpergewicht, Beinlänge, Fußlänge und -breite, sowie Fersenbreite auf einen Zusammenhang untersucht. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass eine geringe Korrelation zwischen den anthropometrischen Faktoren und den Ausgleichsbewegungen zur Erhaltung der Balance besteht. Sie stellten fest, dass kein einzelner anthropometrischer Faktor, sondern vielmehr Kombinationen der Faktoren Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit im zweibeinigen Stand haben.

Eine vorhergehende Studie (Davis, Ross, Nevitt und Wasnich 1990, zit. n. Kejonen et al. 2003, S.1) fand heraus, dass eine kleinere Körpergröße bei Frauen im hohen Alter ein starker Indikator für die Sturzgefahr ist. Dies geht jedoch mit der Abnahme der Muskelmasse mit voranschreitendem Alter einher und kann mit der Probandengruppe der vorliegenden Studie nicht verglichen werden, da es sich hierbei um Männer mit rund 17 Jahren handelt.

## **3 Hypothesenbildung**

### **3.1. Hypothesenbildung**

Das Ziel der Arbeit ist es mögliche Einflussfaktoren der Gleichgewichtsfähigkeit, gemessen am Posturomed, bei jungen Männern zu untersuchen. Im Besonderen werden anthropometrische Faktoren, die Kraftfähigkeit und die Seitigkeit in Bezug auf die Balance genauer untersucht.

Anhand der Literaturrecherche in Kapitel 2 werden nun konkrete Hypothesen gebildet.

Die aufgestellten Hypothesen sollen zunächst auf die entsprechende Nullhypothese geprüft werden. Es werden Zusammenhangs- und Unterschiedshypothesen ausformuliert. Als Testniveau wird  $\alpha=0,05$  festgelegt. Die Nullhypothese soll auf dem 5 % Niveau verworfen werden.

#### **3.1.1. Anthropometrische Faktoren**

Body-Mass-Index:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Body-Mass-Index und den gesamten am Posturomed erreichten Koordinationspunkten.

H1: Der Body-Mass-Index ist ein bedeutender Faktor bei der Ermittlung der Gleichgewichtsfähigkeit. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Body-Mass-Index und den gesamten am Posturomed erreichten Koordinationspunkten.

H0: Die gesamten Koordinationspunkte, ermittelt am Posturomed, von Personen in den BMI-Klassen untergewichtig, normalgewichtig und übergewichtig unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

H1: Die gesamten Koordinationspunkte, ermittelt am Posturomed, von Personen in den BMI-Klassen untergewichtig, normalgewichtig und übergewichtig unterscheiden sich sehr wohl signifikant voneinander.

#### Körpergewicht:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed.

H1: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed.

#### Körpergröße:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körpergröße und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed.

H1: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körpergröße und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed.

#### Umfang der Taille:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Umfang der Taille und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed.

H1: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Umfang der Taille und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed.

#### Sitzhöhe:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Sitzhöhe und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed.

H1: Die Sitzhöhe ist ein wichtiger Faktor bei der Bestimmung der Gleichgewichtsfähigkeit. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Sitzhöhe und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed.

Beinlänge:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Beinlänge und dem ermittelten gesamten Koordinationspunkte-Wert des Posturomed.

H1: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Beinlänge und dem ermittelten gesamten Koordinationspunkte-Wert des Posturomed.

### **3.1.2. Kraftparameter**

Rumpfmuskulatur:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit der Rumpfextensoren und –flexoren und den gemessenen Koordinationspunkte-Werten am Posturomed.

H1: Die Kraftfähigkeit der Rumpfextensoren und –flexoren ist bedeutsamer Faktor bei der Bestimmung der Gleichgewichtsfähigkeit. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Rumpfkraftfähigkeit und den gemessenen Koordinationspunkte-Werten.

Beinmuskulatur:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit und der am Posturomed gemessenen Gleichgewichtsfähigkeit der linken/ rechten Beinmuskulatur.

H1: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der linken/ rechten Beinmuskulatur und den gemessenen Koordinationspunkte-Werten.

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit der Beinflexoren/ -extensoren und der am Posturomed gemessenen Gleichgewichtsfähigkeit vom linken/ rechten Bein.

H1: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit der Beinflexoren/ -extensoren und der am Posturomed gemessenen Gleichgewichtsfähigkeit vom linken/ rechten Bein.

### **3.2.3. Seitigkeit**

H0: Die Messwerte bzgl. der Gleichgewichtsfähigkeit des linken und rechten Beines der Testpersonen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

H1: Die Messwerte bzgl. der Gleichgewichtsfähigkeit des linken und rechten Beines der Testpersonen unterscheiden sich signifikant voneinander.

## **4 Probanden und Methoden**

### **4.1. Untersuchungsdesign**

In der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine Studie, deren Stichprobe Teilnehmer ausschließlich stellungspflichtige österreichische Männer aufweist. Die Daten wurden im Zuge der Stellung an über 1000 Probanden in den Stellungskommissionen Wien, St. Pölten, Linz, Graz, Klagenfurt und Innsbruck zwischen Dezember 2012 bis Februar 2011 erhoben. Die Teilnehmer haben allesamt eine Einverständniserklärung unterzeichnet, welche die Verwendung der erhobenen Daten für wissenschaftliche Zwecke erlaubt. Die Ergebnisse der Messungen an den Testgeräten Posturomed und Myoline wurden vor Ort in eine Excel-Datenbank eingegeben und gespeichert. Weitere Angaben und Informationen aus dem Fragebogen wurden ebenso in der Datenbank vermerkt.

Es fanden folgende sieben Testreihen statt:

#### **Erste Testreihe:**

Stellungskommission Wien (Amtsgebäude Vorgartenstraße 225)

Ort: Eingang Elderschplatz 3, A- 1020 Wien

Datum: 1.12.2010 - 2.12.2010

Getestete Personen: 84 Personen

Verwendbare Daten: 41 Personen

#### **Zweite Testreihe:**

Stellungskommission Wien (Amtsgebäude Vorgartenstraße 225)

Ort: Eingang Elderschplatz 3, A- 1020 Wien

Datum: 13.12.2010 - 16.12.2010

Getestete Personen: 176 Personen

Verwendbare Daten: 136 Personen

**Dritte Testreihe:**

Stellungskommission Graz (Belgier-Kaserne)

Ort:           Straßganger Straße 171, A- 8052 Graz

Datum:       17.01.2011 - 20.01.2011

Getestete Personen: 123 Personen

Verwendbare Daten: 107 Personen

**Vierte Testreihe:**

Stellungskommission St.Pölten (Kommandogebäude Feldmarschall Heß)

Ort:           neben Heßstraße 17, A- 3101 St.Pölten

Datum:       24.01.2011 - 27.01.2011

Getestete Personen: 208 Personen

Verwendbare Daten: 194 Personen

**Fünfte Testreihe:**

Stellungskommission Linz (Amtsgebäude Garnisonstraße 36)

Ort:           Garnisonstraße 36, A- 4017 Linz

Datum:       31.01.2011 - 03.02.2011

Getestete Personen: 166 Personen

Verwendbare Daten: 137 Personen

**Sechste Testreihe:**

Stellungskommission Klagenfurt (Windisch Kaserne)

Ort:           Welzenegger Zeile 28, A- 9020 Klagenfurt

Datum:       07.02.2011 - 10.02.2011

Getestete Personen: 136 Personen

Verwendbare Daten: 128 Personen

### **Siebte Testreihe:**

Stellungskommission Innsbruck (Amtsgebäude FM Conrad)

Ort: Eingang Köldererstraße 2, A- 6010 Innsbruck

Datum: 21.02.2011 - 24.02.2011

Getestete Personen: 165 Personen

Verwendbare Daten: 132 Personen

Insgesamt 1058 Datensätze davon 875 vollständig

Die nicht verwendbaren Datensätze sind darauf zurückzuführen, dass einzelne Parameter nicht aufgezeichnet werden konnten. Etwa konnten Personen verletzungsbedingt, aus technischen oder anderen Gründen die Tests am Posturomed und/ oder Myoline Professional nicht durchführen.

Des Weiteren wurden diverse Parameter in einem Fragebogen erhoben. Dieser Fragebogen (siehe Anhang 9.1.) wurde vom österreichischen Bundesheer standardisiert und wird in jeder Stellungskommission verwendet. Für die vorliegende Untersuchung von Bedeutung waren beispielsweise die Parameter Größe und Gewicht.

### **4.2.Probanden**

Es wurden in den Testserien 1058 Probanden getestet, wobei 183 Datensätze nicht für die Auswertung verwendet werden konnten (siehe Kapitel 4.1.). Nach Abzug der unvollständigen Datensätze waren schlussendlich 875 Datensätze zur weiteren Verwendung geeignet.

Die österreichischen stellungspflichtigen Männer werden in der Norm mit 17 bzw. 18 Jahren einberufen. Im Falle dieser Testserie waren der Großteil der getesteten Probanden Jahrgang 1992 und 1993. Einige Probanden waren deutlich älter, was jedoch keinen großen Einfluss auf den Altersdurchschnitt der Probandengruppe hatte (siehe Tabelle 1). Der Body-Mass-Index lag zwischen 15,4 kg/m<sup>2</sup> bis 44,9 kg/m<sup>2</sup>, und betrug im Schnitt 23,13 kg/m<sup>2</sup>. Die anthropometrischen Parameter Größe, Gewicht, Sitzhöhe, Beinlänge und Taille zeigen bei den Minimal- und Maximalwerten auch große Unterschiede.

**Tabelle 1: Biometrische Daten der gesamten Probanden**

|                 | Gültig | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|-----------------|--------|------------|--------------------|---------|---------|
| Alter           | 875    | 17,88      | 1,0836             | 16,6    | 32,6    |
| Größe in cm     | 875    | 178,76     | 6,572              | 156     | 201     |
| Gewicht in kg   | 875    | 74,00      | 14,047             | 49      | 157     |
| BMI             | 875    | 23,13      | 4,0893             | 15,4    | 44,9    |
| Sitzhöhe in cm  | 875    | 95,04      | 3,4217             | 78,2    | 107,0   |
| Beinlänge in cm | 875    | 102,27     | 4,7675             | 88,0    | 118,0   |
| Taille in cm    | 875    | 85,66      | 10,611             | 63      | 130     |

**Tabelle 2: Biometrische Daten der Probanden der 1. und 2. Testreihe in Wien**

|                 | Gültig | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|-----------------|--------|------------|--------------------|---------|---------|
| Alter           | 177    | 18,704     | 1,7547             | 16,6    | 32,6    |
| Größe in cm     | 177    | 177,82     | 7,035              | 156     | 201     |
| Gewicht in kg   | 177    | 76,07      | 14,019             | 51      | 126     |
| BMI             | 177    | 24,076     | 4,4023             | 17,1    | 41,5    |
| Sitzhöhe in cm  | 177    | 95,049     | 3,4218             | 86,0    | 105,5   |
| Beinlänge in cm | 177    | 101,525    | 5,0481             | 88,0    | 118,0   |
| Taille in cm    | 177    | 90,37      | 8,313              | 73      | 124     |

**Tabelle 3: Biometrische Daten der Probanden der 3. Testreihe in Graz**

|                 | Gültig | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|-----------------|--------|------------|--------------------|---------|---------|
| Alter           | 107    | 17,771     | 1,3172             | 17,1    | 31,0    |
| Größe in cm     | 107    | 178,79     | 6,476              | 165     | 198     |
| Gewicht in kg   | 107    | 74,03      | 13,578             | 50      | 135     |
| BMI             | 107    | 23,118     | 3,7802             | 17,0    | 37,4    |
| Sitzhöhe in cm  | 107    | 94,562     | 3,5036             | 85,0    | 104,0   |
| Beinlänge in cm | 107    | 102,771    | 4,7271             | 92,5    | 115,0   |
| Taille in cm    | 107    | 95,96      | 7,688              | 83      | 123     |

**Tabelle 4: Biometrische Daten der Probanden der 4. Testreihe in St.Pölten**

|                 | Gültig | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|-----------------|--------|------------|--------------------|---------|---------|
| Alter           | 194    | 17,562     | ,2791              | 17,0    | 18,1    |
| Größe in cm     | 194    | 178,57     | 6,635              | 165     | 200     |
| Gewicht in kg   | 194    | 70,72      | 13,079             | 49      | 139     |
| BMI             | 194    | 22,131     | 3,5859             | 15,4    | 39,3    |
| Sitzhöhe in cm  | 194    | 94,326     | 3,3427             | 78,2    | 104,5   |
| Beinlänge in cm | 194    | 102,090    | 4,6894             | 92,0    | 117,0   |
| Taille in cm    | 194    | 81,23      | 8,736              | 66      | 118     |

**Tabelle 5: Biometrische Daten der Probanden der 5. Testreihe in Linz**

|                 | Gültig | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|-----------------|--------|------------|--------------------|---------|---------|
| Alter           | 137    | 17,681     | ,6094              | 17,1    | 22,9    |
| Größe in cm     | 137    | 178,93     | 6,303              | 165     | 197     |
| Gewicht in kg   | 137    | 76,85      | 15,948             | 51      | 157     |
| BMI             | 137    | 23,990     | 4,7414             | 16,5    | 44,9    |
| Sitzhöhe in cm  | 137    | 95,924     | 3,2860             | 89,6    | 105,5   |
| Beinlänge in cm | 137    | 102,253    | 4,8149             | 90,5    | 114,5   |
| Taille in cm    | 137    | 80,09      | 10,551             | 63      | 130     |

**Tabelle 6: Biometrische Daten der Probanden der 6. Testreihe in Klagenfurt**

|                 | Gültig | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|-----------------|--------|------------|--------------------|---------|---------|
| Alter           | 128    | 17,696     | ,3072              | 17,1    | 18,1    |
| Größe in cm     | 128    | 178,16     | 6,239              | 161     | 195     |
| Gewicht in kg   | 128    | 72,55      | 13,439             | 50      | 121     |
| BMI             | 128    | 22,794     | 3,6371             | 15,5    | 36,7    |
| Sitzhöhe in cm  | 128    | 95,198     | 3,5754             | 84,0    | 107,0   |
| Beinlänge in cm | 128    | 102,437    | 4,5221             | 92,0    | 115,5   |
| Taille in cm    | 128    | 78,07      | 8,025              | 63      | 114     |

**Tabelle 7: Biometrische Daten der Probanden der 7. Testreihe in Innsbruck**

|                 | Gültig | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|-----------------|--------|------------|--------------------|---------|---------|
| Alter           | 132    | 17,736     | ,7279              | 17,2    | 25,3    |
| Größe in cm     | 132    | 180,69     | 6,204              | 162     | 197     |
| Gewicht in kg   | 132    | 74,46      | 13,403             | 51      | 129     |
| BMI             | 132    | 22,796     | 3,8960             | 16,7    | 40,4    |
| Sitzhöhe in cm  | 132    | 95,373     | 3,2388             | 87,7    | 105,5   |
| Beinlänge in cm | 132    | 102,958    | 4,6393             | 89,0    | 115,5   |
| Taille in cm    | 132    | 90,67      | 7,759              | 70      | 120     |

### **4.3. Messgeräte**

#### **4.3.1. Posturomed**

##### **4.3.1.1. Testsystem**

Das Messgerät Posturomed (Haider Bioswing, Pullenreuth) ist laut Angaben des Herstellers ein Trainings- und Therapiegerät, das zum Training der koordinativen Fähigkeiten des neuromuskulären Bewegungsapparates dient. Das Gerät wird vor allem zur Rehabilitation von Fehlhaltungen verwendet und auch in der Überprüfung sportmotorischer Fähigkeiten eingesetzt. ([www.bioswing.de](http://www.bioswing.de)) In der vorliegenden Studie wird das Posturomed als Diagnosegerät zur Erfassung der motorischen Gleichgewichtsfähigkeit herangezogen. Je größer die reaktive Beschleunigung der Posturomed-Plattform ist, die mittels Beschleunigungssensoren erfasst wird, desto geringer ist die motorische Gleichgewichtsfähigkeit. Das Zustandekommen des Messwertes wird in den anschließenden Absätzen genauer erläutert.

Das Therapie- und Trainingsgerät besteht aus einer Standplatte die, an ihren vier Ecken, an 15cm langen Stahlseilen aufgehängt ist (siehe Abbildung 3). Die Stahlseile sind mit einem speziellen Kunststoff ummantelt, damit eine Dämpfung der Plattenbewegung gewährleistet werden kann. Die Standplatte befindet sich in etwa 5cm über dem Boden und beinhaltet ein induktives Wegaufnahmesystem (Digimax, Mechatronic, Hamm). Anhand dieses Systems können Bewegungen der Platte, die in der Horizontalebene schwingt, in zwei zueinander vertikalen Richtungen (x,y) mit je 100Hz und 0,1mm zeitlicher beziehungsweise örtlicher Auflösung erfasst werden. Die dazugehörige Software (Microswing-Messtechnik, Haider, Pullreuth) liefert schlussendlich als Ergebnis der Messung den zurückgelegten Gesamtweg in der Ebene ( $S_r$ ) als auch in den vertikalen Bewegungsrichtungen ( $s_x, s_y$ ) für das individuell bestimmbare Messintervall. Die daraus resultierenden Werte wurden nach jeder Messung in das Testprotokoll eingetragen, um die anschließende Auswertung damit zu vereinfachen. (vgl. Müllner 2004)



**Abbildung 3: Therapie- und Trainingsgerät Posturomed**

#### **4.3.1.2. Messwerte**

Die Bewegungssensoren des Posturomed weisen eine Abtastrate zwischen 50 und 2000 Hz auf. Laut Hersteller Bioswing reichen eine Abtastrate von 100 Hz und eine Messdauer von 10 Sekunden aus. Diese Einstellungen wurden auch für die vorliegende sportmotorische Testung gewählt. Beispielsweise werden bei einer Messung mit dieser Einstellung (100 Hz/ 10 Sekunden) pro Sensor 1000 Datenzeilen aufgezeichnet. Die Software wandelt diese Datenzeilen unter anderen in einen empirischen Datensatz um. Jede Datenzeile beinhaltet 3 Zahlen die durch ein Komma getrennt sind. Die drei Zahlen beschreiben die fortlaufende Nummer der Datenzeile, die Beschleunigung der X-Richtung und die Beschleunigung der Y-Richtung. Anhand dieses Datensatzes wird der sogenannte Koordinationswert gebildet, der zwischen 0 und 999 Punkten liegt. Je höher dieser Wert ausfällt, desto besser ist laut Hersteller die Gleichgewichtsfähigkeit des Probanden ausgeprägt. Der Koordinationswert wird in der vorliegenden Studie zur Bearbeitung der Fragestellungen herangezogen.

Des Weiteren werden die gemessenen Daten graphisch sowohl als XY-Diagramm (Kreis, Ringe), wie auch nach der Zeit aufgetragen als Xt-Yt-Diagramm aufgearbeitet werden. Das Kreisdiagramm macht eine rasche visuelle Auswertung der Messung möglich. Je näher die Bewegung um den Kreismittelpunkt stattfindet, desto stabiler steht der/die Proband/in auf dem Posturomed (siehe Abbildung 4). Dies wiederum lässt auf eine gute Gleichgewichtsfähigkeit, oder auf mögliche Dysbalancen des/der Probanden/Probandin schließen.

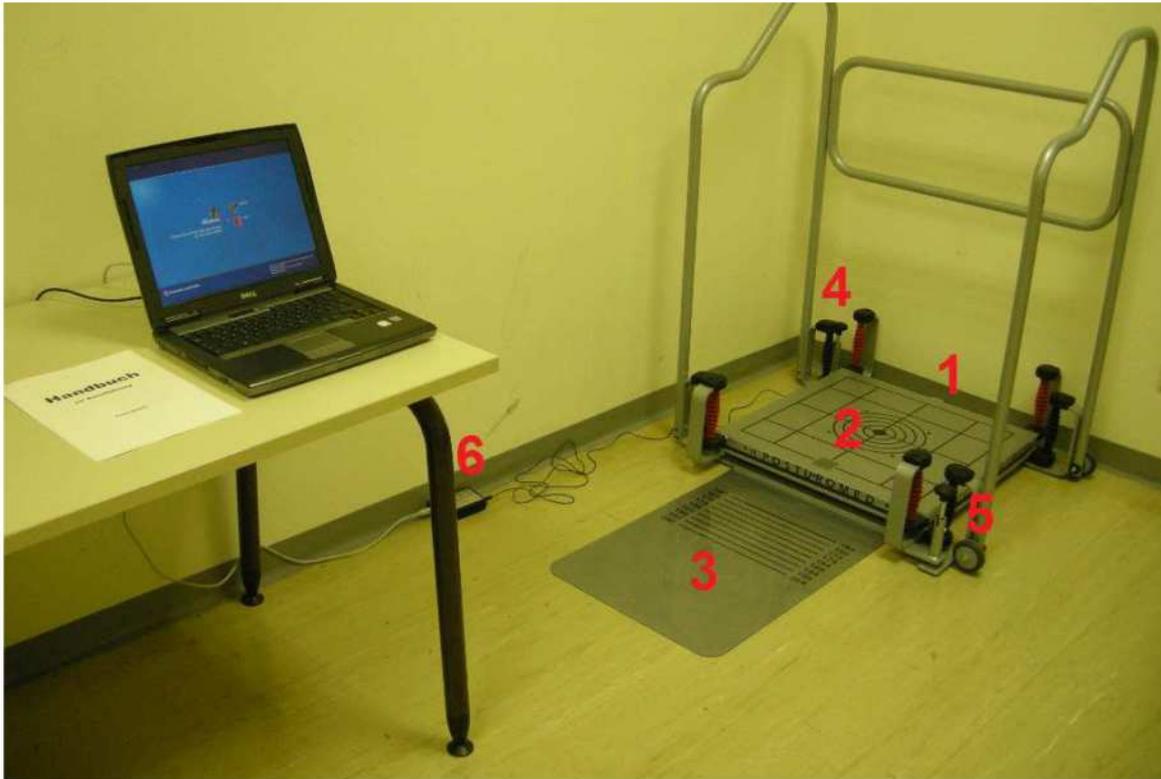


**Abbildung 4: Grafische Umsetzung von Bioswing, welche die Messungen am Posturomed anzeigt**

#### 4.3.1.3. Testablauf

Die Durchführung des Tests erfolgte unter standardisierten Bedingungen. Der Proband musste zu Testbeginn entsprechend seiner Größe mit den Fußspitzen an der vorgesehenen Markierung auf der Markierungsmatte stehen (3, siehe Abbildung 5). Es war dem Probanden selbst überlassen, ob er die Testung mit Socken oder barfuß durchführt. Schuhwerk war nicht erlaubt, um die Rezeptoren an der Fußsohle nicht zu beeinflussen. Die Hände mussten vor dem Betreten der Standfläche in der Hüfte fixiert werden, und der Fuß des abgehobenen Beines musste am Standbein angelegt werden. Der Blick sollte geradeaus an die Wand gerichtet werden. Es war ein Probeversuch erlaubt um ein Gefühl für die schwingende Plattform zu entwickeln. Während der Messung war das Sprechen des Stellungspflichtigen untersagt, damit er seine Konzentration auf die Testung legen konnte.

Die Einstellungen der Bremsen am Gerät wurden vor Beginn jeder Testserie überprüft. Die Bremse vorne rechts (siehe 5, Abb.5) des Posturomed ist offen, die Bremse hinten links (siehe 4, Abb.5) ist hingegen geschlossen.



**Abbildung 5: Testaufbau (in der Stellungskommission Wien)**

Vor Beginn jeder Testung wurde der Proband nach Verletzungen gefragt. Im Falle einer Verletzung wurde im Fragebogen eine Aufzeichnung vermerkt. Der Proband musste dann, die im vorigen Absatz beschriebene, Ausgangsposition einnehmen und mit dem linken Fuß zentral auf die Kreismarkierung der Standfläche steigen. Die einbeinige Standposition war für 10 Sekunden zu halten, wobei die Zeitnehmung automatisch nach Betreten der Standfläche startete. Danach wurde dasselbe Testprozedere mit dem rechten Bein durchgeführt. Es waren maximal zwei Versuche pro Bein erlaubt.

Der Test wurde abgebrochen bzw. wiederholt, wenn eines oder mehrere der folgenden Kriterien auftraten:

- der Proband berührt mit einem Körperteil das Geländer
- der Proband versetzt den Fuß des Standbeines auf der Standfläche
- der Proband setzt das abgehobene Bein ab
- der Fuß des abgehobenen Beines bleibt nicht angelegt
- der Proband senkt den Körperschwerpunkt ab (deutlich gebeugtes Knie)



**Abbildung 6: Testprozedere am Posturomed**

## **4.3.2. Myoline Professional**

### **4.3.2.1. Testsystem**

Das in der Studie eingesetzte Gerät Myoline Professional (Fa. Diers International, Schlangenbad) dient laut Hersteller zur Messung der Muskelkraft der oberen und unteren Extremitäten sowie der Kraft der Rumpfmuskulatur. Anhand des Messgerätes können Muskelstatus und muskuläre Dysbalancen relativ einfach und schnell erfasst werden. Myoline Professional wird vor allem in der therapeutischen und diagnostischen Praxis eingesetzt. Des Weiteren bedienen sich die Wissenschaft, sowie Breiten- und Leistungssport der Muskelkraftanalyse dieses Gerätes.

Myoline Professional ist ein Testsystem, welches die Kraftfähigkeit in bis zu 23 Kraftmessrichtungen erfassen kann. Die im Gerät verarbeiteten Scherkraftsensoren messen mit einer Frequenz von 100 Hz, bei einer möglichen Maximalkraft von 200kg / 2000 N. Die dazugehörige Software DICAM liefert dem Anwender Daten zur Kraftfähigkeit des Probanden, im Besonderen zur isometrischen Maximalkraft. Zur Berechnung in weiterer Folge ist der berechnete Mittelwert von Relevanz. (vgl. [www.diers.de](http://www.diers.de) Zugriff am 28.12.2011)

### **4.3.2.2. Messwerte**

Wie im vorigen Abschnitt (vgl. Kapitel 4.3.2.1.) schon erwähnt wurde, messen die Sensoren des Myoline Professional mit einer Abtastrate von 100 Hz. Laut Hersteller Diers erfolgt die Messauflösung in 100g / 1N Schritten. Die Aufzeichnung mit der dazugehörigen Software DICAM dauert 4 bis 6 Sekunden. In dieser Zeit wird zugleich eine Kraftanstiegskurve graphisch ermittelt, die eine erste optische Auswertung ermöglicht. Die Software liefert dem Anwender bei jeder Messung mehrere Werte: relativer und absoluter Maximalwert, relativer und absoluter Mittelwert, Tangens und Integral. Anhand dieser kann nun eine Aussage über die Kraftfähigkeit des Probanden getroffen werden. Je höher die einzelnen Werte, desto größer ist die Muskelkraft des Probanden. Der absolute Mittelwert wird in der vorliegenden Studie zur Bearbeitung der Fragestellungen herangezogen.

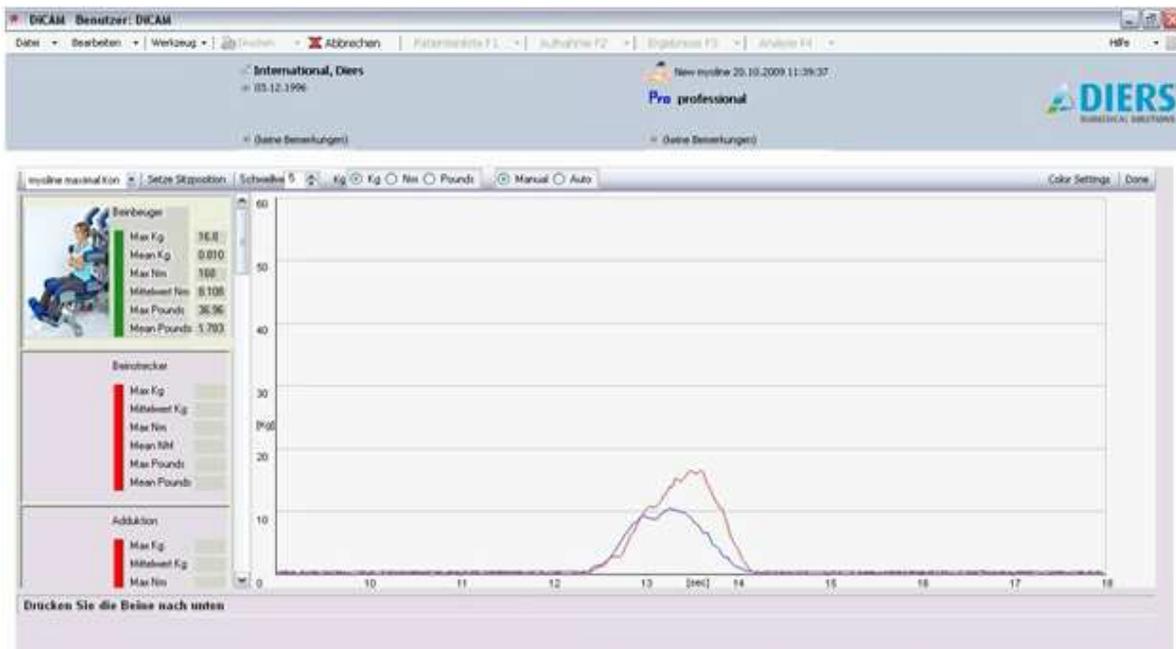


Abbildung 7: Grafische Umsetzung von Dicam, Messung der Beinbeuger

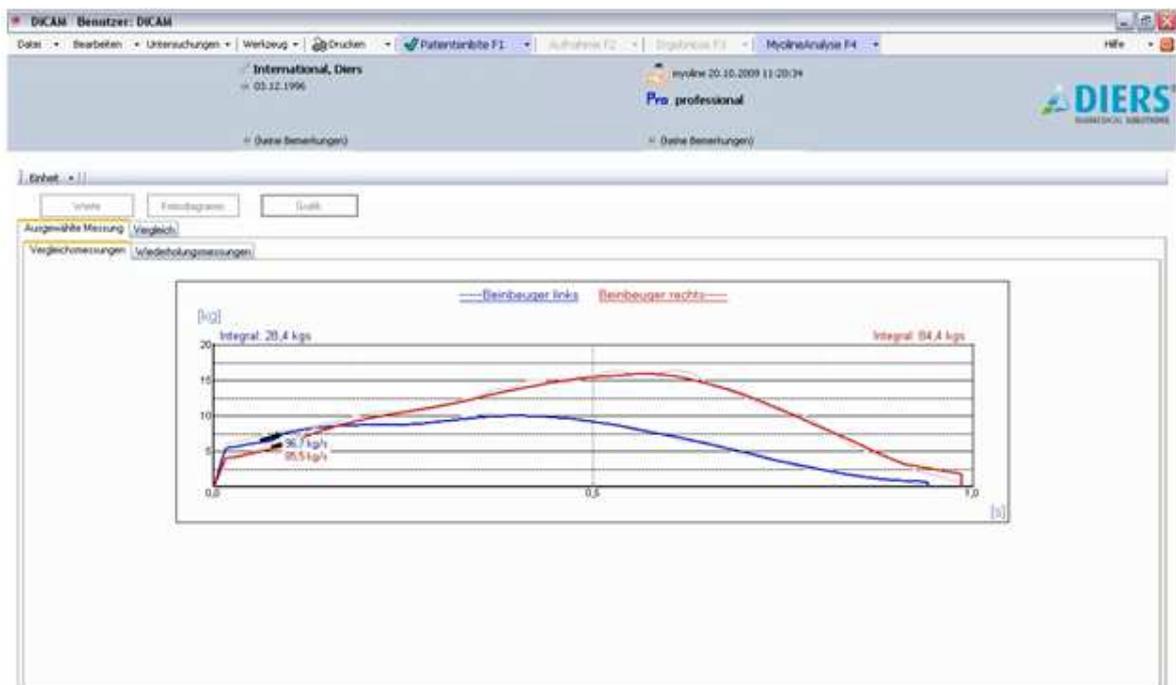


Abbildung 8: Grafische Umsetzung von Dicam, Vergleich Beinbeuger links versus rechts

Abbildung 8 zeigt die unmittelbare graphische Auswertung der Kraftmessung an beiden Beinbeugern. Je näher die Kurven beieinander liegen, desto gleichmäßiger ist die Kraftentwicklung beider Beinbeuger. Entfernen sich die Kurven voneinander deutet das auf eine muskuläre Dysbalance im gemessenen Bereich hin.

#### **4.3.2.3. Testablauf**

Die Tests am Myoline Professional wurden unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Jeder Proband wurde vor Beginn der Messung nach Verletzungen gefragt. Im Falle einer Verletzung wurde dies im Fragebogen vermerkt und im gegebenen Fall wurden einzelne Messungen nicht vollzogen. Für die Durchführung der Tests galten einige wenige grundlegende Anweisungen. Der Proband sollte eine regelmäßige Atmung durchführen, und nicht die Luft anhalten oder eine sogenannte Pressatmung ausführen. Des Weiteren sollte die Kraftausübung kontrolliert, ohne vorher Schwung zu holen, ausgeführt werden. Nach dem Startkommando „und los“ sollte der Proband maximale Kraft aufbauen und bis zum Ertönen des Signaltons die Muskelspannung halten. Der Signalton war nach 4 bis 6 Sekunden zu hören. Die Probanden wurden von den Testdurchführenden verbal motiviert um eine höchstmögliche Kraftleistung zu gewährleisten.

Insgesamt musste jeder Proband 8 Einzeltest am Myoline Professional durchführen, sofern keine Verletzung oder ähnliche Hinderungsgründe vorlagen. Die Reihenfolge der einzelnen Messungen war folgendermaßen definiert:

- Beinkraft (untere Extremitäten): Beinbeuger, Beinstrecker
- Rumpfkraft: Rumpfflexion (Beuger/ Bauchmuskulatur), Rumpfextension (Strecker/ Rückenmuskulatur)
- Armkraft (obere Extremitäten): Armbeuger, Armstrecker
- Handkraft: Fingerbeuger links, Fingerbeuger rechts



**Abbildung 9: Testaufbau (in der Stellungskommission Wien)**

Die Zahlenangaben in Klammer beziehen sich in den nächsten Absätzen auf die Abbildung 9.

Zu Beginn jeder Testung waren die Schwenkarme für Beinkraft- (12) und Armkraftmessung (13), sowie alle Gurte (16, 17) offen. Der Proband hatte die Anweisung so auf dem Gerät Platz zu nehmen, dass sein Becken möglichst nahe am Lendenpolster (3) ist. Der Hüftgurt (16) wurde rund um das Becken festgezogen. Die Schulterpolster (6) wurden in etwa eine Handbreite unterhalb der Schulter (Höhe M. Deltoideus-Ansatz) positioniert. Die Schwenkarme für die Beinkraftmessung (12) wurden auf die Position 0° gestellt, sodass sich deren Innenkanten berühren. Als nächster Schritt wurden die Füße zwischen den beiden Sprunggelenkpolstern (10) positioniert, und mit dem oberen Polster maximal fixiert. Die Arme des Stellungspflichtigen sollten zu Beginn vor der Brust gekreuzt gehalten werden.

#### **4.3.2.3.1. Messung der Beinkraft (untere Extremitäten)**

Es wurde die isometrische Beinkraft in der Beugung und in der Streckung an beiden Beinen gemessen. Im Falle einer Verletzung erfolgte die Messung ausschließlich am gesunden Bein. Der Stellungspflichtige drückte /zog mit dem zu messenden Bein. Das verletzte Bein wurde nicht eingespannt.

- Bewegungsanweisung Beinbeuger: Arme vor der Brust gekreuzt halten und mit so fest wie möglich mit beiden Fersen Richtung Gesäß ziehen.
- Bewegungsanweisung Beinstrecker: Arme vor der Brust gekreuzt halten und beide Beine versuchen auszustrecken, bzw. nach vorne oben drücken.

#### **4.3.2.3.2. Messung der Rumpfkraft**

Es wurde die isometrische Rumpfkraft in der Beugung und in der Streckung gemessen. Dazu wurden die Sprunggelenkspolster (10) und die Schwenkarme für Beinkraftmessung (12) geöffnet und weit nach außen auf Position 4-6 gestellt. Die Oberschenkelunterstützung (13) wurde bis in die Kniekehlen vorgezogen. Der Oberschenkelgurt (17) wurde festgezogen und das Becken seitlich mit der Kurbel für die Beckenfixierungspolster fixiert. Danach wurden die Brustpolster (8) vor den Körper gebracht und die Schulterpolster (6) entsprechend der Schulterbreite mit der Kurbel (7) fixiert.

- Bewegungsanweisung Rumpfbeuger (Bauchmuskulatur): Die Arme sind gekreuzt (rechte Hand zum Griff des linken Polsters - linke Hand zum Griff des rechten Polsters). Die Griffe der Brustpolster fest umfassen und zueinander ziehen. Die Beine werden gestreckt und überkreuzt gehalten. Der Oberkörper drückt gegen den Brustpolster fest nach vorne unten.
- Brustpolster (8) wird danach geöffnet
- Bewegungsanweisung Rumpfstrecker (Rückenmuskulatur): Arme vor der Brust verschränken, die Beine gestreckt und überkreuzt halten. Der Oberkörper drückt fest nach hinten in die Polsterung hinein.

#### **4.3.2.3.3. Messung der Armkraft (obere Extremitäten)**

Es wurde die isometrische Armkraft in der Beugung und in der Streckung an beiden Armen gemessen. Im Falle einer Verletzung erfolgte die Messung ausschließlich am gesunden Arm. Der Stellungspflichtige drückte /zog mit dem zu messenden Arm. Der verletzte Arm wurde nicht eingespannt. Um die Messung durchzuführen mussten wieder Einstellungsänderungen am Gerät durchgeführt werden. Die Fixierung der Schulterpolster (6) wurde wieder mit der Kurbel (7) gelöst und der Rückenpolster (14) wurde nach oben auf Stellungsposition 15 gefahren. Die Schwenkarme für die Armkraftmessung (11) wurden nach innen gebracht, sodass die Ellbogen und die Schultern in einer Ebene lagen. Danach wurde die Länge des Unterarmhebels ermittelt und eingestellt (abhängig von der Unterarmlänge).

- Bewegungsanweisung Armbeuger: Die Hände im Kammgriff an die Griffe bringen, wobei die Daumen nach außen zeigen. Die Ellbogen werden während der Messung in das Polster gedrückt. Die Beine werden gestreckt und gekreuzt gehalten. Die Arme sollen fest Richtung Oberkörper bzw. Richtung Brust gezogen werden.
- Bewegungsanweisung Armstrecke: Die Hände im Ristgriff an die Griffe bringen, wobei die Daumen nach innen zeigen. Die Ellbogen werden während der Messung in das Polster gedrückt. Die Arme sollen fest nach vorne unten, sprich vom Oberkörper weg gezogen werden.

#### **4.3.2.3.3. Messung der Handkraft**

Es wurde die isometrische Kraft der Fingerbeuger an beiden Händen gemessen. Im Falle einer Verletzung erfolgte die Messung ausschließlich an der gesunden Hand. Der Stellungspflichtige drückte mit der zu messenden Hand. Die verletzte Hand wurde nicht getestet. Der Stellungspflichtige musste sich für die Testung mit etwas Abstand vor der Handkraftmessstation aufstellen.

- Bewegungsanweisung Fingerbeuger links/ rechts: Die linke Hand umfasst den Sensor und muss auf Kommando so fest wie möglich zusammendrücken. Der Ellbogen ist dabei gebeugt. Danach erfolgt die Messung der rechten Hand.

#### **4.4. Anthropometrische Messungen**

Die gesuchten anthropometrischen Größen Körpergewicht, Körpergröße, Umfang der Taille, Beinlänge und Sitzhöhe wurden bei den Untersuchungen auch erfasst. Erstere mit einer gängigen Körperwaage und die anderen Messgrößen wurden mit einem üblichen Maßband ermittelt.

- Körpergröße: von der Standfläche bis zum Vertex (Scheitelfläche des Schädels)
- Umfang der Taille: einheitlich auf Höhe des Bauchnabels
- Beinlänge: von der Standfläche bis zum vorderen oberen Darmbeinstachel
- Sitzhöhe: von der Sitzfläche, bei frei hängenden Beinen, bis zum Vertex

#### **4.5. Statistische Datenverarbeitung**

Die statistische Datenverarbeitung erfolgte mit der Software SPSS 19.00. Die gewonnenen Daten wurden aus der Software Bioswing und Dicam in Excel-Dateien zusammengefasst und im Anschluss in das gewählte Statistikprogramm SPSS 19.00 importiert.

Im Kapitel 3 Hypothesenbildung wurden die Unterschieds- und Zusammenhangshypothesen formuliert. Es wurde darauf geachtet, dass für die entsprechende Fragestellung der geeignetste Test mit der größten Aussagekraft herangezogen wird. Um dies sicherzustellen wurden vor der Testdurchführung die notwendigen Voraussetzungen für jeden Test geprüft.

Sofern die Voraussetzungen gegeben waren, wurde für die Prüfung auf einen möglichen Zusammenhang der Korrelationskoeffizient nach Pearson oder Spearman herangezogen. Für den Test auf einen etwaigen Unterschied wurde der t-Test für unabhängige bzw. abhängige Stichproben, der Test nach Wilcoxon, der U-Test oder der Kruskal-Wallis-Test gewählt.

## 5 Ergebnisse

Die Gliederung der Auswertung erfolgte unter Rücksichtnahme auf die in Kapitel drei formulierten Hypothesen.

Die zu prüfenden Faktoren mussten als Voraussetzung für die nachfolgenden Tests auf ihre Normalverteilung geprüft werden. Nach der Überprüfung der Voraussetzungen wurde der entsprechende Test für die Überprüfung des Zusammenhangs bzw. des Unterschiedes gewählt.

### 5.1. Anthropometrische Faktoren und Gleichgewicht

#### 5.1.1. BMI und Gleichgewicht

##### 5.1.1.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen BMI und Gleichgewicht

**Tabelle 8: Test auf Normalverteilung von BMI und gesamte Koordinationspunkte**

|                      | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|----------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                      | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| BMI                  | ,101               | 875 | ,000        | ,906         | 875 | ,000        |
| Gesamte Koord.punkte | ,090               | 875 | ,000        | ,948         | 875 | ,000        |

Bei den Überprüfungen der Faktoren BMI und gesamte Koordinationspunkte kann man aufgrund der signifikanten Werte sowohl beim Kolmogorov-Smirnov-Test, als auch beim Shapiro-Wilk-Test (bei allen  $p=0,000$ ) nicht von einer Normalverteilung ausgehen.

Es wurde der Test nach Spearman ausgewählt um herauszufinden, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Body-Mass-Index und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed, besteht.

**Tabelle 9: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und BMI**

|              |              |                         | Gesamte Koord.punkte | BMI   |
|--------------|--------------|-------------------------|----------------------|-------|
| Spearman-Rho | Gesamte      | Korrelationskoeffizient | 1,000                | -,278 |
|              | Koord.punkte | Sig. (2-seitig)         | .                    | ,000  |
|              |              | N                       | 875                  | 875   |
|              | BMI          | Korrelationskoeffizient | -,278                | 1,000 |
|              |              | Sig. (2-seitig)         | ,000                 | .     |
|              |              | N                       | 875                  | 875   |

Die Signifikanz von 0,000 zeigt an, dass der Zusammenhang auf dem Niveau von  $\alpha = 0,01$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

Es handelt sich um eine negative Korrelation. Das heißt, je höher der Body-Mass-Index einer Testperson, desto geringer ist die Anzahl Koordinationspunkte, die für die Gleichgewichtsfähigkeit im einbeinigen Stand steht. Der niedrige Wert der Korrelation (-0,278) zeigt, dass der Zusammenhang gering ist.

### 5.1.1.2. Überprüfung auf Unterschied zwischen BMI-Klassen und Gleichgewicht

Es wurden zu Beginn drei BMI-Klassen<sup>3</sup> gebildet. Die Testpersonen wurden in die Klassen untergewichtig (BMI <18.5), normalgewichtig (BMI 18,5 bis 24.9) und übergewichtig (BMI >25) eingeteilt. Die Normalverteilung der Stichprobe wurde für jede einzelne Klasse gesondert geprüft. Nach der Überprüfung der Voraussetzungen wurde der Kruskal-Walis-Test durchgeführt.

**Tabelle 10: Test auf Normalverteilung der drei BMI-Klassen**

| BMI-Klasse      |                 | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|-----------------|-----------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                 |                 | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| untergewichtig  | Koord.Pktgesamt | ,132               | 64  | ,007        | ,904         | 64  | ,000        |
| normalgewichtig | Koord.Pktgesamt | ,092               | 601 | ,000        | ,941         | 601 | ,000        |
| übergewichtig   | Koord.Pktgesamt | ,076               | 209 | ,005        | ,971         | 209 | ,000        |

Sowohl der Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p=0,007$ ,  $p=0,000$ ,  $p=0,005$ ) als auch der Shapiro-Wilk-Test (bei allen  $p=0,000$ ) ergeben bei den drei Faktoren einen Signifikanz-Wert von unter 0,050 ( $p < \alpha$ ). Bei den drei BMI-Klassen kann man daher nicht von einer Normalverteilung ausgehen.

Es wurde anhand des Tests nach Kruskal-Walis geprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den drei BMI-Klassen bei den erreichten gesamten Koordinationspunkten, gemessen am Posturomed, zu finden ist.

<sup>3</sup> BMI-Klasse eingeteilt nach Vorgabe der WHO, [www.who.int](http://www.who.int)

Mit der folgenden Statistik soll gezeigt werden, ob sich die Ergebnisse für Probanden mit Untergewicht, Normalgewicht und Übergewicht in Bezug auf die gesamten Koordinationspunkte, in dieser Stichprobe, signifikant voneinander unterscheiden.

**Tabelle 11: Gruppenstatistik des Wertes gesamte Koordinationspunkte nach Einteilung in BMI-Klassen**

| BMI-Klasse      | Mittelwert | Standardabweichung | N   |
|-----------------|------------|--------------------|-----|
| untergewichtig  | 1164,5781  | 351,00553          | 64  |
| normalgewichtig | 1097,3279  | 378,54599          | 601 |
| übergewichtig   | 900,3609   | 407,35625          | 209 |
| Gesamt          | 1055,1516  | 393,38544          | 874 |

**Tabelle 12: Test auf Unterschied der gesamten Koordinationspunkte in den BMI-Klassen**

|                           | Gesamte Koordinationspunkte |
|---------------------------|-----------------------------|
| Chi-Quadrat               | 45,085                      |
| df                        | 2                           |
| Asymptotische Signifikanz | ,000                        |

Die Signifikanz von 0,000 zeigt an, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den BMI-Klassen in Bezug auf die gesamten Koordinationspunkte gibt. Anhand der Gruppenstatistik (Tabelle 10) und der Rangtabelle (Tabelle 13) kann man sehen, dass die BMI-Klassen mit Untergewicht (Mittelwert: 1164,58; Standardabweichung: 351,01; Mittlerer Rang: 507,40) und Normalgewicht (Mittelwert: 1097,33; Standardabweichung: 378,55; Mittlerer Rang: 464,97) bessere Ergebnisse erzielen, als die Klasse Übergewicht (Mittelwert: 900,36; Standardabweichung: 407,36; Mittlerer Rang: 337,10).

**Tabelle 13: Ränge der BMI-Klassen für den Messwert gesamte Koordinationspunkte**

|                             | BMI-Klasse      | N   | Mittlerer Rang |
|-----------------------------|-----------------|-----|----------------|
| Gesamte Koordinationspunkte | untergewichtig  | 64  | 507,40         |
|                             | normalgewichtig | 601 | 464,97         |
|                             | übergewichtig   | 209 | 337,10         |
|                             | Gesamt          | 874 |                |

## 5.1.2. Körpergewicht und Gleichgewicht

### 5.1.2.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Gleichgewicht

Tabelle 14: Test auf Normalverteilung von Körpergewicht und gesamte Koordinationspunkte

|                      | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|----------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                      | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| Körpergewicht        | ,098               | 875 | ,000        | ,924         | 875 | ,000        |
| Gesamte Koord.punkte | ,090               | 875 | ,000        | ,948         | 875 | ,000        |

Bei den Überprüfungen der Faktoren Körpergewicht und gesamte Koordinationspunkte kann man aufgrund der signifikanten Werte sowohl beim Kolmogorov-Smirnov-Test, als auch beim Shapiro-Wilk-Test (bei allen  $p = 0,000$ ) nicht von einer Normalverteilung ausgehen.

Es wurde der Test nach Spearman gewählt um herauszufinden, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed, besteht.

Tabelle 15: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Körpergewicht

|               |                      |                         | Gesamte Koord.punkte | Körpergewicht |
|---------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
| Spearman-Rho  | Gesamte Koord.punkte | Korrelationskoeffizient | 1,000                | -,271         |
|               |                      | Sig. (2-seitig)         | .                    | ,000          |
|               |                      | N                       | 875                  | 875           |
| Körpergewicht | Körpergewicht        | Korrelationskoeffizient | -,271                | 1,000         |
|               |                      | Sig. (2-seitig)         | ,000                 | .             |
|               |                      | N                       | 875                  | 875           |

Die Signifikanz von 0,000 zeigt an, dass der Zusammenhang auf dem Niveau von  $\alpha = 0,01$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

Es handelt sich um eine negative Korrelation. Das bedeutet, je mehr Körpergewicht eine Testperson aufweist, desto weniger Koordinationspunkte wurden bei der Testung am Posturomed erreicht. Der niedrige Wert der Korrelation (-0,271) zeigt, dass der Zusammenhang gering ist.

### 5.1.3. Körpergröße und Gleichgewicht

#### 5.1.3.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Körpergröße und Gleichgewicht

Tabelle 16: Test auf Normalverteilung Körpergröße und gesamte Koordinationspunkte

|                      | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|----------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                      | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| Größe in cm          | ,037               | 875 | ,008        | ,994         | 875 | ,002        |
| Gesamte Koord.punkte | ,090               | 875 | ,000        | ,948         | 875 | ,000        |

Bei den Überprüfungen der Faktoren Körpergröße und gesamte Koordinationspunkte kann man aufgrund der signifikanten Werte sowohl beim Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p=0,008$ ,  $p=0,000$ ), als auch beim Shapiro-Wilk-Test ( $p= 0,002$ ,  $p=0,000$ ) nicht von einer Normalverteilung ausgehen.

Es wurde der Test nach Spearman herangezogen um herauszufinden, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körpergröße und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed, besteht.

Tabelle 17: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Größe

|              |                      |                         | Gesamte Koord.punkte | Körpergröße |
|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------|
| Spearman-Rho | Gesamte Koord.punkte | Korrelationskoeffizient | 1,000                | -,023       |
|              |                      | Sig. (2-seitig)         | .                    | ,500        |
|              |                      | N                       | 875                  | 875         |
| Körpergröße  | Körpergröße          | Korrelationskoeffizient | -,023                | 1,000       |
|              |                      | Sig. (2-seitig)         | ,500                 | .           |
|              |                      | N                       | 875                  | 875         |

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Körpergröße und den gesamten Koordinationspunkten:  $p=0,500$ .

## 5.1.4. Umfang der Taille und Gleichgewicht

### 5.1.4.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Umfang der Taille und Gleichgewicht

Tabelle 18: Test auf Normalverteilung von Tailenumfang und gesamte Koordinationspunkte

|                      | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|----------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                      | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| Tailenumfang         | ,066               | 875 | ,000        | ,978         | 875 | ,000        |
| Gesamte Koord.punkte | ,090               | 875 | ,000        | ,948         | 875 | ,000        |

Bei den Überprüfungen der Faktoren Umfang der Taille und gesamte Koordinationspunkte kann man aufgrund der signifikanten Werte sowohl beim Kolmogorov-Smirnov-Test, als auch beim Shapiro-Wilk-Test (bei allen  $p = 0,000$ ) nicht von einer Normalverteilung ausgehen.

Es wurde der Test nach Spearman gewählt um herauszufinden, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Umfang der Taille und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed, besteht.

Tabelle 19: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Umfang der Taille

|              |                         | Gesamte Koord.punkte | Tailenumfang |
|--------------|-------------------------|----------------------|--------------|
| Spearman-Rho | Gesamte Koord.punkte    | 1,000                | -,243        |
|              | Korrelationskoeffizient | .                    | ,000         |
|              | Sig. (2-seitig)         | 875                  | 875          |
| Tailenumfang | Korrelationskoeffizient | -,243                | 1,000        |
|              | Sig. (2-seitig)         | ,000                 | .            |
|              | N                       | 875                  | 875          |

Die Signifikanz von 0,000 zeigt an, dass der Zusammenhang auf dem Niveau von  $\alpha = 0,01$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

Es handelt sich auch hier um eine negative Korrelation. Das bedeutet, je höher der Wert beim Umfang der Taille einer Testperson, desto geringer ist die Anzahl Koordinationspunkte bei der Testung am Posturomed. Der niedrige Wert der Korrelation (-0,243) zeigt jedoch, dass auch hier der Zusammenhang gering ist.

## 5.1.5. Sitzhöhe und Gleichgewicht

### 5.1.5.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Sitzhöhe und Gleichgewicht

Tabelle 20: Test auf Normalverteilung von Sitzhöhe, und gesamte Koordinationspunkte

|                      | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|----------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                      | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| Sitzhöhe             | ,029               | 875 | ,075        | ,994         | 875 | ,001        |
| Gesamte Koord.punkte | ,090               | 875 | ,000        | ,948         | 875 | ,000        |

Bei den Überprüfungen der Faktoren Sitzhöhe und gesamte Koordinationspunkte kann man aufgrund der signifikanten Werte sowohl beim Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p=0,000$ ), als auch beim Shapiro-Wilk-Test ( $p= 0,001$ ,  $p=0,000$ ) nicht von einer Normalverteilung ausgehen. Einzig der Faktor Sitzhöhe ist beim Kolmogorov-Smirnov-Test nicht signifikant ( $p=0,075$ ) und ist somit normalverteilt.

Es wurde der Test nach Spearman gewählt um herauszufinden, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Sitzhöhe und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed, besteht.

Tabelle 21: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Sitzhöhe

|              |              |                         | Gesamte Koord.punkte | Sitzhöhe |
|--------------|--------------|-------------------------|----------------------|----------|
| Spearman-Rho | Gesamte      | Korrelationskoeffizient | 1,000                | -,084    |
|              | Koord.punkte | Sig. (2-seitig)         | .                    | ,013     |
|              |              | N                       | 875                  | 875      |
| Sitzhöhe     |              | Korrelationskoeffizient | -,084                | 1,000    |
|              |              | Sig. (2-seitig)         | ,013                 | .        |
|              |              | N                       | 875                  | 875      |

Die Signifikanz von 0,013 zeigt an, dass der Zusammenhang auf dem Niveau von  $\alpha = 0,05$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

Es handelt sich um eine negative Korrelation. Je höher der Wert bei der Sitzhöhe einer Testperson, desto geringer ist die Anzahl Koordinationspunkte. Der niedrige Wert der Korrelation (-0,084) zeigt jedoch, dass der Zusammenhang sehr gering bzw. kaum vorhanden ist.

## 5.1.6. Beinlänge und Gleichgewicht

### 5.1.6.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Beinlänge und Gleichgewicht

Tabelle 22: Test auf Normalverteilung von Beinlänge und gesamte Koordinationspunkte

|                      | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|----------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                      | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| Beinlänge            | ,040               | 875 | ,002        | ,997         | 875 | ,140        |
| Gesamte Koord.punkte | ,090               | 875 | ,000        | ,948         | 875 | ,000        |

Bei den Überprüfungen der Faktoren Beinlänge und gesamte Koordinationspunkte kann man aufgrund der signifikanten Werte sowohl beim Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p=0,002$ ,  $p=0,000$ ), als auch beim Shapiro-Wilk-Test ( $p=0,000$ ) nicht von einer Normalverteilung ausgehen. Einzig der Faktor Beinlänge ist beim Shapiro-Wilk-Test nicht signifikant ( $p=0,140$ ) und ist somit normalverteilt.

Es wurde der Test nach Spearman herangezogen um herauszufinden, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Beinlänge und dem gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed, besteht.

Tabelle 23: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Beinlänge

|              |                      |                         | Gesamte Koord.punkte | Beinlänge |
|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------|
| Spearman-Rho | Gesamte Koord.punkte | Korrelationskoeffizient | 1,000                | ,037      |
|              |                      | Sig. (2-seitig)         | .                    | ,269      |
|              |                      | N                       | 875                  | 875       |
|              | Beinlänge            | Korrelationskoeffizient | ,037                 | 1,000     |
|              |                      | Sig. (2-seitig)         | ,269                 | .         |
|              |                      | N                       | 875                  | 875       |

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Beinlänge und den gesamten Koordinationspunkten:  $p=0,269$ .

## 5.2. Kraftparameter und Gleichgewicht

### 5.2.1. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Kraftfähigkeit der Rumpfmuskulatur und Gleichgewicht

**Tabelle 24: Test auf Normalverteilung des Mittelwert der Kraftfähigkeit von Rumpfflexoren und Rumpfextensoren, sowie gesamten Koordinationspunkte**

|                       | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|-----------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                       | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| Kraft-MW R.flexoren   | ,055               | 875 | ,000        | ,962         | 875 | ,000        |
| Kraft-MW R.extensoren | ,031               | 875 | ,047        | ,992         | 875 | ,000        |
| Gesamte Koord.punkte  | ,090               | 875 | ,000        | ,948         | 875 | ,000        |

Bei den Überprüfungen der Faktoren Kraft-Mittelwert der Rumpfflexoren, Kraft-Mittelwert der Rumpfextensoren und den gesamten Koordinationspunkte-Wert kann man aufgrund der signifikanten Werte sowohl beim Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p=0,000$ ,  $p=0,047$ ,  $p=0,000$ ), als auch beim Shapiro-Wilk-Test (bei allen  $p=0,000$ ) nicht von einer Normalverteilung ausgehen.

Es wurde mit dem Test nach Spearman geprüft, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit der Rumpfflexoren, -extensoren den gesamten Koordinationspunkte-Wert, gemessen am Posturomed, zu finden ist.

**Tabelle 25: Test auf Zusammenhang zwischen gesamten Koordinationspunkten und dem Mittelwert der Kraftfähigkeit der Rumpfflexoren**

|                     |                      |                         | Gesamte Koord.punkte | Kraft-MW R.flexoren |
|---------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|
| Spearman-Rho        | Gesamte Koord.punkte | Korrelationskoeffizient | 1,000                | -,015               |
|                     |                      | Sig. (2-seitig)         | .                    | ,662                |
|                     |                      | N                       | 875                  | 875                 |
| Kraft-MW R.flexoren | Kraft-MW R.flexoren  | Korrelationskoeffizient | -,015                | 1,000               |
|                     |                      | Sig. (2-seitig)         | ,662                 | .                   |
|                     |                      | N                       | 875                  | 875                 |

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit der Rumpfflexoren und den gesamten Koordinationspunkten:  $p=0,662$ .

**Tabelle 26: Test auf Zusammenhang zwischen gesamten Koordinationspunkten und dem Mittelwert der Kraftfähigkeit der Rumpfextensoren**

|                          |                         |                         | Gesamte<br>Koord.punkte | Kraft-MW<br>R.extensoren |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Spearman-Rho             | Gesamte                 | Korrelationskoeffizient | 1,000                   | ,098                     |
|                          | Koord.punkte            | Sig. (2-seitig)         | .                       | ,004                     |
|                          |                         | N                       | 875                     | 875                      |
| Kraft-MW<br>R.extensoren | Korrelationskoeffizient |                         | ,098                    | 1,000                    |
|                          | Sig. (2-seitig)         |                         | ,004                    | .                        |
|                          | N                       |                         | 875                     | 875                      |

Die Signifikanz von 0,004 zeigt an, dass der Zusammenhang auf dem Niveau von  $\alpha = 0,01$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

Es handelt sich auch hier um eine positive Korrelation. Je größer die Kraftfähigkeit der Rumpfextensoren einer Testperson, desto höher ist die Anzahl Koordinationspunkte bei der Testung am Posturomed. Der niedrige Wert der Korrelation (0,098) zeigt, dass der Zusammenhang bei diesen Faktoren sehr gering ist.

### 5.2.2. Überprüfung auf Zusammenhang zwischen Kraftfähigkeit der Beinmuskulatur und Gleichgewicht

**Tabelle 27: Test auf Normalverteilung der Kraft-Mittelwertes und der Koordinationspunkte von rechtem Bein und linkem Bein**

|                       | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|-----------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                       | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| Kraft-MW rechtes Bein | ,045               | 875 | ,000        | ,988         | 875 | ,000        |
| Kraft-MW linkes Bein  | ,036               | 875 | ,011        | ,991         | 875 | ,000        |
| Koord.Punkte rechts   | ,100               | 875 | ,000        | ,929         | 875 | ,000        |
| Koord.Punkte links    | ,117               | 875 | ,000        | ,902         | 875 | ,000        |

Bei den Überprüfungen der Faktoren Kraft-Mittelwert und der Koordinationspunkte des rechten und linken Beines kann man aufgrund der signifikanten Werte sowohl beim Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p=0,000$ ,  $p=0,011$ ,  $p=0,000$ ,  $p=0,000$ ), als auch beim Shapiro-Wilk-Test (bei allen  $p=0,000$ ) nicht von einer Normalverteilung ausgehen.

Es wurde mit dem Test nach Spearman getestet, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit und dem Koordinationspunkte-Wert vom rechten bzw. linken Bein, gemessen am Posturomed, zu finden ist.

**Tabelle 28: Test auf Zusammenhang zwischen gesamten Koordinationspunkten und dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des rechten Beines**

|              |              |                         | Koord.punkte<br>rechtes Bein | Kraft-MW<br>rechtes Bein |
|--------------|--------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Spearman-Rho | Koord.punkte | Korrelationskoeffizient | 1,000                        | ,070                     |
|              | rechtes Bein | Sig. (2-seitig)         | .                            | ,039                     |
|              |              | N                       | 875                          | 875                      |
| Kraft-MW     | Koord.punkte | Korrelationskoeffizient | ,070                         | 1,000                    |
|              | rechtes Bein | Sig. (2-seitig)         | ,039                         | .                        |
|              |              | N                       | 875                          | 875                      |

Die Signifikanz von 0,039 zeigt an, dass der Zusammenhang auf dem Niveau von  $\alpha = 0,05$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

Es handelt sich hier um eine positive Korrelation. Je größer die Kraftfähigkeit des rechten Beines einer Testperson, desto höher ist die Anzahl der Koordinationspunkte bei der Testung des rechten Beines am Posturomed. Der niedrige Wert der Korrelation (0,070) zeigt, dass der Zusammenhang sehr gering bzw. kaum vorhanden ist.

**Tabelle 29: Test auf Zusammenhang zwischen gesamten Koordinationspunkten und dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des linken Beines**

|              |              |                         | Koord.punkte<br>linkes Bein | Kraft-MW<br>linkes Bein |
|--------------|--------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Spearman-Rho | Koord.punkte | Korrelationskoeffizient | 1,000                       | ,082                    |
|              | linkes Bein  | Sig. (2-seitig)         | .                           | ,015                    |
|              |              | N                       | 875                         | 875                     |
| Kraft-MW     | Koord.punkte | Korrelationskoeffizient | ,082                        | 1,000                   |
|              | linkes Bein  | Sig. (2-seitig)         | ,015                        | .                       |
|              |              | N                       | 875                         | 875                     |

Die Signifikanz von 0,015 zeigt an, dass der Zusammenhang auf dem Niveau von  $\alpha = 0,05$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

Es handelt sich hier um eine positive Korrelation. Je größer die Kraftfähigkeit des linken Beines einer Testperson, desto höher ist die Anzahl der Koordinationspunkte bei der Testung des linken Beines am Posturomed. Der niedrige Wert der Korrelation (0,082) zeigt, dass der Zusammenhang auch beim linken Bein sehr gering bzw. kaum vorhanden ist.

**Tabelle 30: Test auf Normalverteilung des Kraft-Mittelwertes der Beinbeuger, Beinstrecker und der Koordinationspunkte von rechtem Bein und linkem Bein**

|                        | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|------------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                        | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| MW Beinbeuger rechts   | ,064               | 875 | ,000        | ,956         | 875 | ,000        |
| MW Beinbeuger links    | ,072               | 875 | ,000        | ,928         | 875 | ,000        |
| MW Beinstrecker rechts | ,041               | 875 | ,002        | ,987         | 875 | ,000        |
| MW Beinstrecker links  | ,030               | 875 | ,063        | ,991         | 875 | ,000        |
| Koord.Punkte rechts    | ,100               | 875 | ,000        | ,929         | 875 | ,000        |
| Koord.Punkte links     | ,117               | 875 | ,000        | ,902         | 875 | ,000        |

Bei den Überprüfungen der Faktoren Kraft-Mittelwert der Beinbeuger, Beinstrecker und der Koordinationspunkte des rechten und linken Beines kann man aufgrund der signifikanten Werte sowohl beim Kolmogorov-Smirnov-Test ( $p=0,000$ ,  $p=0,000$ ,  $p=0,002$ ,  $p=0,000$ ,  $p=0,000$ ), als auch beim Shapiro-Wilk-Test (bei allen  $p=0,000$ ) nicht von einer Normalverteilung ausgehen. Nur der Faktor Beinstrecker links ist mit dem Wert  $p=0,063$  nicht signifikant und somit normalverteilt.

Es wurde mit dem Test nach Spearman kontrolliert, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit der Beinbeuger bzw. Beinstrecker und dem Koordinationspunkte-Wert vom rechten bzw. linken Bein, gemessen am Posturomed, zu finden ist.

**Tabelle 31: Test auf Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des Beinbeugers und der Koordinationspunkte vom rechten Bein**

|              |                      |                         | Koord.Punkte<br>rechts | MW Beinbeuger<br>rechts |
|--------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Spearman-Rho | Koord.Punkte rechts  | Korrelationskoeffizient | 1,000                  | ,073                    |
|              |                      | Sig. (2-seitig)         | .                      | ,030                    |
|              |                      | N                       | 875                    | 875                     |
|              | MW Beinbeuger rechts | Korrelationskoeffizient | ,073 <sup>*</sup>      | 1,000                   |
|              |                      | Sig. (2-seitig)         | ,030                   | .                       |
|              |                      | N                       | 875                    | 875                     |

Die Signifikanz von 0,030 zeigt an, dass der Zusammenhang auf dem Niveau von  $\alpha = 0,05$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

Es handelt sich hier um eine positive Korrelation. Je größer die Kraftfähigkeit des rechten Beinbeugers einer Testperson, desto höher ist die Anzahl der Koordinationspunkte bei der Testung des rechten Beines am Posturomed. Der niedrige Wert der Korrelation (0,073) zeigt, dass der Zusammenhang beim rechten Bein sehr gering bzw. kaum vorhanden ist.

**Tabelle 32: Test auf Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des Beinbeugers und der Koordinationspunkte vom linken Bein**

|              |                     |                         | Koord.Punkte<br>links | MW Beinbeuger<br>links |
|--------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Spearman-Rho | Koord.Punkte links  | Korrelationskoeffizient | 1,000                 | ,117                   |
|              |                     | Sig. (2-seitig)         | .                     | ,001                   |
|              |                     | N                       | 875                   | 875                    |
|              | MW Beinbeuger links | Korrelationskoeffizient | ,117                  | 1,000                  |
|              |                     | Sig. (2-seitig)         | ,001                  | .                      |
|              |                     | N                       | 875                   | 875                    |

Die Signifikanz von 0,001 zeigt an, dass der Zusammenhang auf dem Niveau von  $\alpha = 0,01$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

Es handelt sich hier um eine positive Korrelation. Je größer die Kraftfähigkeit des linken Beinbeugers einer Testperson, desto höher ist die Anzahl der Koordinationspunkte bei der Testung des linken Beines am Posturomed. Der niedrige Wert der Korrelation (0,117) zeigt, dass der Zusammenhang beim linken Bein sehr gering ist.

**Tabelle 33: Test auf Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des Beinstreckers und der Koordinationspunkte vom rechten Bein**

|                        |                         |                         | Koord.Punkte<br>rechts | MW Beinstrecker<br>rechts |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| Spearman-Rho           | Koord.Punkte rechts     | Korrelationskoeffizient | 1,000                  | ,060                      |
|                        |                         | Sig. (2-seitig)         | .                      | ,074                      |
|                        |                         | N                       | 875                    | 875                       |
| MW Beinstrecker rechts | Korrelationskoeffizient |                         | ,060                   | 1,000                     |
|                        |                         | Sig. (2-seitig)         | ,074                   | .                         |
|                        |                         | N                       | 875                    | 875                       |

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit des Beinstreckers und den Koordinationspunkten vom rechten Bein:  $p=0,074$ .

**Tabelle 34: Test auf Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des Beinstreckers und der Koordinationspunkte vom linken Bein**

|                       |                         |                         | Koord.Punkte<br>links | MW Beinstrecker<br>links |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Spearman-Rho          | Koord.Punkte links      | Korrelationskoeffizient | 1,000                 | ,052                     |
|                       |                         | Sig. (2-seitig)         | .                     | ,121                     |
|                       |                         | N                       | 875                   | 875                      |
| MW Beinstrecker links | Korrelationskoeffizient |                         | ,052                  | 1,000                    |
|                       |                         | Sig. (2-seitig)         | ,121                  | .                        |
|                       |                         | N                       | 875                   | 875                      |

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Kraftfähigkeit des Beinstreckers und den Koordinationspunkten vom linken Bein:  $p=0,121$ .

### 5.3. Seitigkeit und Gleichgewicht

#### 5.3.1. Überprüfung auf Unterschied zwischen dem rechten und linken Bein in Bezug auf die Gleichgewichtsfähigkeit

**Tabelle 35: Häufigkeiten den Beinpräferenz links und rechts**

|              | Häufigkeit | Prozent | Gültige Prozente | Kumulierte Prozente |
|--------------|------------|---------|------------------|---------------------|
| Gültig links | 117        | 13,4    | 13,4             | 13,4                |
| rechts       | 758        | 86,6    | 86,6             | 100,0               |
| Gesamt       | 875        | 100,0   | 100,0            |                     |

Die im Fragebogen erhobene Beinpräferenz gibt an, dass 13,4% (N=117) der Probanden ihr linkes Bein präferieren und 86,6% (N=758) das rechte Bein bevorzugen.

**Tabelle 36: Tests auf Normalverteilung von Koordinationspunkte links und rechts**

|                     | Kolmogorov-Smirnov |     |             | Shapiro-Wilk |     |             |
|---------------------|--------------------|-----|-------------|--------------|-----|-------------|
|                     | Statistik          | df  | Signifikanz | Statistik    | df  | Signifikanz |
| Koord.Punkte links  | ,117               | 875 | ,000        | ,902         | 875 | ,000        |
| Koord.Punkte rechts | ,100               | 875 | ,000        | ,929         | 875 | ,000        |

Sowohl der Kolmogorov-Smirnov-Test als auch der Shapiro-Wilk-Test ergeben bei beiden Faktoren einen Signifikanz-Wert von 0,000 ( $p < \alpha$ ). Bei den Überprüfungen der Faktoren Koordinationspunkte links und Koordinationspunkte rechts kann man daher nicht von einer Normalverteilung ausgehen.

Es wurde anhand des Tests nach Wilcoxon geprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den erreichten Koordinationspunkten vom linken Bein und vom rechten Bein, gemessen am Posturomed, zu finden ist.

**Tabelle 37: Test auf Unterschied zwischen den Koordinationspunkten rechts und links**

|   | Koord.Punkte rechts – Koord.Punkte links |
|---|--|
| Z                                       | -10,672                                  |
| Asymptotische Signifikanz<br>(2-seitig) | ,000                                     |

Die Signifikanz von 0,000 zeigt an, dass der Unterschied auf dem Niveau von  $\alpha = 0,01$  signifikant ist und man aus dieser Stichprobe auf die Gesamtpopulation schließen kann.

**Tabelle 38: Testergebnis auf Unterschied zwischen den Koordinationspunkten rechts und links**

|  |                | N                | Mittlerer Rang | Rangsumme |
|--|----------------|------------------|----------------|-----------|
| Koord.Punkte rechts –  | Negative Ränge | 562 <sup>a</sup> | 470,79         | 264583,00 |
| Koord.Punkte links   | Positive Ränge | 301 <sup>b</sup> | 359,58         | 108233,00 |
|  | Bindungen      | 12 <sup>c</sup>  |                |           |
|  | Gesamt         | 875              |                |           |
| a. reKoorPkt < liKoorPkt<br>b. reKoorPkt > liKoorPkt<br>c. reKoorPkt = liKoorPkt |                |                  |                |           |

Es besteht bei den Koordinationspunkten vom rechten und linken Bein einer Testperson ein signifikanter Unterschied. Es wurden 562 Testpersonen ermittelt, deren Testergebnisse vom linken Bein einen signifikant höheren Punktwert zeigten. Hingegen wurden nur 301 Testpersonen ermittelt, deren rechtes Bein eine höhere Punkteanzahl erreichte. Bei 12 Testpersonen war kein Unterschied zwischen rechten und linken Bein zu finden.

Aufgrund der Signifikanz  $p=0,000$  (Tabelle 38) kann die Aussage getroffen werden, dass eine signifikante Mehrzahl der Probanden eine höhere Punkteanzahl mit dem linken Bein bei der Messung am Posturomed erreichte.

## **6 Diskussion**

Im abschließenden Teil dieser Arbeit werden die Auswahl der Probanden und die Methodik kritisch betrachtet und diskutiert. Im Anschluss erfolgt die Diskussion der Ergebnisse der Studie.

### **6.1. Probanden**

In die Untersuchung dieser Arbeit fließen die Daten von 875 jungen Männern im Durchschnittsalter von 17,9 Jahren aus ganz Österreich ein. Diese Probandengruppe repräsentiert einen Querschnitt dieser männlichen Altersgruppe, die sowohl die städtische als auch ländliche Bevölkerung von Österreich einschließt.

Bei den Testpersonen wurde eine Einverständniserklärung eingehoben, in der sie sich für die wissenschaftliche Weiterverarbeitung der erhobenen Daten einverstanden erklärten. Die Überprüfung der physischen und psychischen Tauglichkeit war für die Probanden gesetzlich verpflichtend, und entscheidend für ihre weitere Einstufung der körperlichen Eignung. Da es sich um keine freiwillige Teilnahme an der Testung handelt ist in Frage zu stellen, ob die Leistung der Probanden bestmöglich war.

Im Fragebogen wurde der Grad der körperlichen Anstrengung im beruflichen Alltag erfragt, aber das Ausmaß der sportlichen Aktivität wurde nicht ermittelt. Einige der Probanden könnten Erfahrung auf dem Testgerät Posturomed aufweisen, was jedoch nicht in den statistischen Berechnungen berücksichtigt wurde. Ebenso wurden die im Fragebogen angegebenen vergangenen Verletzungen bzw. Operationen, etc. am Bewegungsapparat nicht weiter berücksichtigt. Probanden die eine akute Verletzung am Bewegungsapparat aufwiesen, welche die Durchführung der Testung behinderte, wurden aber vor der statistischen Berechnung ausgeschlossen.

Die Testungen am Posturomed und Myoline professional wurden im Zuge einer umfangreichen Testbatterie durchgeführt. Die Probanden begannen am Tage der Testung früh morgens mit den ersten Tests und kamen in unterschiedlicher Reihenfolge zu den jeweiligen Stationen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass vorangegangene Tests und daraus resultierende Müdigkeit, sowie unterschiedliche Tageszeiten der Testdurchführung das Ausmaß der Konzentration bzw. Aufmerksamkeit beeinflussen können.

Bei den Probanden handelt es sich um eine inhomogene Gruppe, welche Differenzen in Herkunft, körperliche Tätigkeit im Beruf, sportlicher Hintergrund und Verletzungsgenese aufweist.

## **6.2. Diskussion der Methodik**

Der Ablauf der Testungen sollte normiert sein, um die Standardisierung des Untersuchungsdesigns zu gewährleisten. Bei den 7 durchgeführten Testreihen wurden 2 Testreihen in denselben Räumlichkeiten durchgeführt. Die anderen 5 Testreihen fanden in unterschiedlichen Stellungskommissionen statt, deren Räumlichkeiten vergleichbar sind aber nicht ident. Die Umgebungsbedingungen in den verschiedenen Stellungskommissionen sind zwar ähnlich, aber es gab möglicherweise Unterschiede die die Testung beeinflusst haben könnten.

Die Testgeräte wurden an allen Testorten gleich aufgebaut und kalibriert. Es wurde zuvor ein Handbuch für die unterschiedlichen Testleiter angefertigt, um den Ablauf der Testungen zu normieren. Die Teilnehmer hatten bei der Testung am Posturomed die freie Wahl, ob sie mit Socken oder barfuß den einbeinigen Stand durchführen. Dieses Detail könnte sich ebenso auf die Ergebnisse auswirken, da die Aufnahme der äußeren Reize auf der Fußsohle durch die Socken beeinflusst werden könnte. Die Probanden durften zudem der laufenden Testung beiwohnen und konnten sich im gegebenen Fall auf die Testung einstellen. Da manche Probanden nicht auf Anhieb die Bewegungsaufgabe am Posturomed lösen konnten, wurde ein zweiter Durchgang pro Bein eingeräumt. Dieser Testversuch vorab könnte schon zu einem Lerneffekt geführt haben, der sich im Messergebnis widerspiegelt. Die Aufnahme möglicher äußerer Störeinflüsse wie Lärm, Temperatur, etc. könnten die Konzentration der Teilnehmer und somit deren Gleichgewichts- und Kraftleistung ebenso beeinflusst haben.

## **6.3. Diskussion der Ergebnisse**

### **6.3.1. Body-Mass-Index**

Die Ergebnisse zeigen, dass der Zusammenhang zwischen BMI und der Gleichgewichtsfähigkeit auf labilen Untergrund hoch signifikant ist, jedoch ist die Ausprägung gering.

Man kann den Ergebnissen entnehmen, dass der BMI die Gleichgewichtsfähigkeit nur im geringen Maße beeinflusst. Zu bedenken ist, dass der BMI nur die Faktoren Körpergewicht und Körpergröße berücksichtigt, aber der Anteil der Muskelmasse und des Körperfettes außer Acht lässt.

King et al. (2012) kamen auch zu dem Schluss, dass der BMI, sowie Größe und Körpergewicht einzeln und miteinander betrachtet nur schwache bzw. widersprüchliche Prädiktoren für die posturale Kontrolle sind. In der Studie von King et al. (2012) wurden Mädchen und Jungen bei verschiedenen Bewegungs- und Haltungsaufgaben getestet, weswegen diese Studie mit der vorliegenden Untersuchung nur bedingt vergleichbar ist. In vorhergehenden Studien (Greve et al., 2007; Teasdale et al., 2007) konnte ein ausgeprägter Zusammenhang zwischen dem Gleichgewicht und der Höhe bzw. der Reduktion des BMI festgestellt werden. Teasdale et al. (2007) testeten 20-40 jährige Männer im einbeinigen Stand auf labilen Untergrund, was der Testung am Posturomed ähnelt. Die Autoren führten die Verminderung der Gleichgewichtsfähigkeit nicht nur auf einen erhöhten BMI zurück, sondern auf dessen Kombination mit Adipositas und geringer Muskelmasse. Mignardot, Olivier, Promayon und Nougier (2010) schlussfolgerten in ihrer Studie, dass übergewichtige Personen im Vergleich zu normalgewichtigen Personen einen größeren Anteil ihrer Aufmerksamkeit der posturalen Kontrolle widmen müssen, um die posturale Stabilität im einbeinigen Stand aufrecht halten zu können, was wiederum für den Zusammenhang zwischen BMI und Gleichgewicht spricht.

Es wurde in der vorliegenden Arbeit zudem erforscht, ob sich die Testergebnisse der Probanden in den BMI-Klassen untergewichtig (BMI <18,5), normalgewichtig (BMI 18,5 bis 24,9) und übergewichtig (BMI >25) unterscheiden. Die Auswertung der Daten zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen, wobei die Personen mit einem sehr niedrigen BMI (<18,5) die höchsten durchschnittlichen Koordinationspunkte erreichten, gefolgt von den Probanden in der Klasse normalgewichtig. Die Testpersonen mit einem BMI über 25 erzielten die schlechtesten Ergebnisse. Ein Blick auf die Tabelle 11 (Gruppenstatistik des Wertes gesamte Koordinationspunkte nach Einteilung in BMI-Klassen) zeigt, dass die Streuung in allen drei Gruppen sehr groß ist. Mitunter konnten Testpersonen mit einem BMI über 25 auch hohe Werte erzielen. Dies kann als Anzeichen dafür gesehen werden, dass neben dem BMI weitere Faktoren die Gleichgewichtsfähigkeit des Körpers beeinflussen und der BMI als alleiniger Einflussfaktor zur Vorhersage der Gleichgewichtsleistung nur bedingt geeignet ist.

### **6.3.2. Körpergewicht und Umfang der Taille**

Die Ergebnisse veranschaulichen, dass ein signifikanter Zusammenhang bei der Gleichgewichtsfähigkeit und dem Körpergewicht bzw. dem Umfang der Taille besteht. Die Werte von Probanden mit einem niedrigen Körpergewicht und Taillenumfang waren signifikant besser als jene Personen mit höheren Werten. Das Körpergewicht konnte neben dem BMI in dieser Studie den größten Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit aufweisen. Der Zusammenhang war im Vergleich zu anderen Einflussfaktoren größer, aber immer noch gering. Einige Autoren (Deforche et al., 2009; Maffioletti et al., 2005; McGraw et al., 2000; bestätigten den Zusammenhang des Körpergewichts und der posturalen Stabilität. Deforche et al. (2009) bestätigen in ihrer Studie, dass übergewichtige Jungen ihr Gleichgewicht im einbeinigen Stand nicht solange halten konnten, wie normalgewichtige Jungen. Zum gegenteiligen Ergebnis kamen andere Autoren (Era et al., 1996, zit. n. Kejonen et al. 2003, S.1; Mainenti) die den Zusammenhang vom Körpergewicht und der Gleichgewichtsfähigkeit bzw. posturalen Kontrolle bei älteren Frauen (und Männer) untersuchten. Bei beiden Studien standen ältere Frauen (und Männer) im Mittelpunkt der Untersuchung, dies lässt den Vergleich mit der Probandengruppe der vorliegenden Arbeit aber nicht zu.

Die gegensätzlichen Ansätze in der Literatur erschweren das Treffen von allgemeingültigen Aussagen. Man kann für junge Männer jedoch behaupten, dass die posturale Kontrolle neben anderen Faktoren im geringen Ausmaß vom Körpergewicht beeinflusst wird. Es muss dennoch die Relation von Fettanteil und fettfreier Körpermasse berücksichtigt werden.

### **6.3.3. Körpergröße, Beinlänge, Sitzhöhe**

Es konnten weder bei der Körpergröße, noch bei der Beinlänge ein signifikanter Zusammenhang mit der Gleichgewichtsfähigkeit festgestellt werden. Einzig der Faktor Sitzhöhe zeigte einen signifikanten Zusammenhang, der jedoch so gering war, dass er nicht aussagekräftig ist. Anhand der Literaturrecherche kann man feststellen, dass die Körpergröße eher in den Wachstumsphasen im frühen Alter eines Menschen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit hat (Balogun et al., 1997; Hegeman et al., 2007). Dies hängt vermutlich mehr mit der Bewegungserfahrung, als mit dem Alter zusammen.

Anhand des Kapitels Physikalische Einflussfaktoren (Kap. 2.1.2.2.2.) sollte aus Sicht der Physik bei einem niedrigeren Schwerpunkt das Gleichgewicht besser gehalten werden können. Kleinere Personen wiesen aber keine besseren Ergebnisse auf, als deutlich größere Probanden.

Die Körpergröße, die Beinlänge und die Sitzhöhe beeinflussen, laut den Ergebnissen dieser Arbeit, die Messergebnisse am Posturomed nicht und können somit nicht als Einflussfaktoren angesehen werden.

#### **6.3.4. Kraftparameter**

Bei der Rumpfmuskulatur wurde in dieser Arbeit kein Zusammenhang zwischen der Leistung am Posturomed und der Kraftfähigkeit der Rumpfflexoren, sprich Anteilen der Bauchmuskulatur, gefunden. Hingegen konnte für die Kraftfähigkeit der Rumpfextensoren ein signifikanter Zusammenhang ermittelt werden. Die Kraftfähigkeit der Rumpfextensoren korreliert im Vergleich zu den Rumpfflexoren womöglich deshalb mit der Gleichgewichtsfähigkeit, weil ihre Bewegungsaufgabe das Aufrichten und Stabilisieren des Oberkörpers ist. Die Korrelation war jedoch sehr gering, sodass dieser Faktor nur geringe Aussagekraft über die Gleichgewichtsfähigkeit im einbeinigen Stand auf labilen Untergrund hat. Angyan L., Teczely & Angyan, Z. (2007) konnten sogar eine hohe Korrelation zwischen der Stärke der Rückenmuskulatur und den Ausweichbewegungen des Körpers bei sportlichen Studenten, Studentinnen und Basketballspielern finden. Die Autorengruppe schlussfolgerte, dass unter anderem die Erhöhung der Muskelkraft in Verbindung mit einer besseren posturalen Stabilität steht.

Bei der Untersuchung ob eine Korrelation zwischen der Kraftfähigkeit der Beinmuskulatur und der Gleichgewichtsfähigkeit zu finden ist, konnte die Frage sowohl für das rechte Bein, als auch für das linke Bein positiv beantwortet werden. Es wurde bei beiden Beinen eine hohe Signifikanz ermittelt, jedoch war die Ausprägung der Korrelation wieder schwach ausgeprägt. In weiterer Folge wurde differenzierter untersucht ob ein Zusammenhang zwischen der Beinbeuger- bzw. Beinstrecker-Muskulatur und der Gleichgewichtsfähigkeit im einbeinigen Stand zu finden ist. Die Ergebnisse zeigten nur für die Beinbeuger einen signifikanten Zusammenhang mit der Gleichgewichtsfähigkeit am Testgerät. Dieser Zusammenhang war wie auch bei den vorhergehenden Testungen gering ausgeprägt.

Hinzuzufügen ist, dass die Stärke des Zusammenhangs bei der Muskulatur der Beinstrecker des linken Beines größer war, als jene des rechten Beines. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Untersuchung auf einen Unterschied zwischen dem rechten und linken Bein bei der Messung am Posturomed. Einen Zusammenhang zwischen dem Muskelvolumen der Plantar-Flexoren, sprich der Muskulatur des Unterschenkels, und der posturalen Stabilität konnten auch in den Studien von Kouzaki et al. (2012) und Ushiyama et al. (2011) nachgewiesen werden. Die Autorengruppe Allet et al. (2012) konnten wiederum in ihrer Studie bei gesunden und an diabetischer Neuropathie erkrankten Personen feststellen, dass durch die Kräftigung der Muskulatur die das Hüftgelenk stabilisiert, der einbeinige Stand verbessert werden kann. Die Autoren stellten fest, dass die die Kraft der Frontalebene der Hüfte in ihrer Studie der beste einzelne Prädiktor für den einbeinigen Stand war. Dazu kommt, dass dieser Prädiktor die weniger präzise Schwelle der Propriozeption des Sprunggelenks kompensiert. Dieser Ansatz erscheint besonders interessant für weitere differenziertere Untersuchungen des Zusammenhangs von Kraft- und Gleichgewichtsfähigkeit.

In Bezug auf den Einfluss von sensomotorischen Training bzw. Balance-Training konnte auch von Heitkamp et al. (2001) bewiesen werden, dass das Training der Gleichgewichtsfähigkeit sich effektiv auf den Zuwachs der Muskelkraft auswirkt und muskuläre Dysbalancen zwischen den unteren Extremitäten ausgleicht. Zu dem Schluss, dass es eine ausgeprägte Verbindung zwischen Sensomotorik und Kraftfähigkeit gibt kamen auch die Autorengruppe Bruhn et al. (2006).

Aktuellere Studien (Muehlbauer et al. (a), 2012; Muehlbauer et al. (b), 2012) kamen jedoch zu dem gegenteiligen Ergebnis, dass die Parameter statische/ dynamische posturale Kontrolle, Gleichgewichtsfähigkeit und Kraft voneinander unabhängig daher getrennt voneinander zu testen und zu trainieren sind.

Der Vergleich der genannten Studien ist aufgrund der verschiedenen Studiendesigns nur bedingt zulässig. Inwiefern nun die Kraftfähigkeit der unteren Extremitäten Einfluss auf die posturale Stabilität im einbeinigen Stand hat, bedarf aufgrund der differenzierten Ergebnisse weiterer Untersuchungen. So könnten einzelne Muskelgruppen womöglich mit geeigneteren Testgeräten erfasst werden, die eine bedeutendere Rolle bei der Gleichgewichtsfähigkeit spielen. In der vorliegenden Studie ist jedoch anzunehmen, dass die Kraftfähigkeit ausgewählter Muskelgruppen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit hat.

### 6.3.5. Seitigkeit

Die Untersuchung zur Standbein-Präferenz der stellungspflichtigen Männer hat ergeben, dass ein signifikanter Unterschied vorhanden ist. Die signifikante Mehrheit der getesteten Männer hatte deutlich bessere Messwerte beim linken Bein. Dies stimmt mit der Angabe im Fragebogen nicht überein, wobei die Abfrage der Beinpräferenz ohne genauere Definition erfolgte und für die vorliegende Arbeit deshalb nicht relevant erscheint.

Autoren von Studien die sich konzentriert mit der Dominanz der unteren Extremitäten beschäftigten kamen zu widersprüchlichen Ergebnissen. So konnten etwa Alonso et al. (2011), Greve et al. (2007), Hoffmann et al. (1998) und Lin et al. (2009) keinen Unterschied zwischen den beiden unteren Extremitäten bei den spezifischen Testungen feststellen. Hardt et al. (2009) fanden heraus, dass die Mehrheit der getesteten Athleten/ Athletinnen bessere Ergebnisse mit ihrem dominanten Bein beim Sprungstart erzielen. Bei der Untersuchung von Rein et al. (2010) wurde ein Unterschied zwischen rechten und linken Bein bei der peronealen Reaktions-Zeit (PRT) festgestellt. Der PRT-Wert gibt an, wie schnell die Wadenbein-Muskulatur auf das Kippen der Plattform reagiert. Dieser PRT-Wert war beim rechten Bein immer signifikant besser (=schneller), als der vom linken Bein, wobei die angegebene Beindominanz dabei nicht berücksichtigt wurde. Die Testpersonen erreichten überraschenderweise mit dem rechten Bein als genanntes dominantes Bein bessere Werte im linksbeinigen Ein-Bein-Stand beim allgemeinen Stabilitätsindex im instabilen Level. Die Autoren Gabbard und Hart (1996) sind der Meinung, dass die gängige Definition von Fußdominanz „die Extremität, die bevorzugt wird, um eine manipulative oder mobilisierende Aktion auszuführen, während die andere nicht-dominante Extremität stabilisierende Unterstützung bietet, zum Beispiel einen Ball stoßen“ angesichts dem Verständnis der funktionellen Charakteristik von Füßigkeit und ausgewählter theoretischer Erklärungen überdacht werden sollte.

Man muss in Betracht ziehen, dass möglicherweise die Ergebnisse des linken Beines bei der Mehrheit der Probanden besser sind, weil das rechte Bein zuerst getestet wurde. In der Literatur wird dieser Effekt lateraler Transfer bezeichnet (Fetz, 1990). Das linke Bein wäre eventuell aufgrund der vorhergehenden Testung am rechten Bein positiv beeinflusst. Die Dominanz einer der beiden Beine/Füße hängt nicht nur von der Bewegungserfahrung sondern auch von der Bewegungsaufgabe ab. In dieser Arbeit konnte für junge Männer im einbeinigen Stand auf labilen Untergrund ein Unterschied zwischen den unteren Extremitäten bestätigt werden.

## **7 Zusammenfassung**

Das Ziel dieser Arbeit war es die getesteten Einflussfaktoren aus den Bereichen Anthropometrie und Kraftfähigkeit auf die Gleichgewichtsleistung im einbeinigen Stand am Posturomed zu untersuchen. Zudem sollte herausgefunden werden, ob ein Unterschied zwischen den Leistungen des rechten und linken Beines bei der Testung des Gleichgewichts zu finden ist.

In erster Linie konnte für einige getestete anthropometrische Faktoren ein Zusammenhang festgestellt werden. Die Parameter Body-Mass-Index, Körpergewicht und Umfang der Taille zeigten jeweils einen signifikanten Zusammenhang, der jedoch gering ausgeprägt ist. Im Vergleich zur Körpergröße, bei der kein Zusammenhang gefunden werden konnte, ist das Gewicht des Körpers sehr wohl von Bedeutung in Bezug auf die Leistung im einbeinigen Stand. Die Untersuchung auf einen Unterschied zwischen den drei BMI-Klassen untergewichtig, normalgewichtig und übergewichtig konnte nochmal verdeutlichen, dass die Probanden mit niedrigem bzw. normalem Body-Mass-Index bessere Leistungen als die übergewichtigen Probanden erzielten. Für die anthropometrischen Faktoren Körpergröße und Beinlänge konnte in dieser Studie kein Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit festgestellt werden. Bei der Untersuchung in Bezug auf die Sitzhöhe konnte zwar eine signifikante Korrelation gefunden werden, die jedoch unzureichend ausgeprägt war und ihr daher keine Bedeutung eingeräumt werden kann. Aus Sicht der Physik war eigentlich anzunehmen, dass die Probanden mit kürzerer Beinlänge, niedriger Körpergröße und niedriger Sitzhöhe bessere Werte erzielen, da ihr Schwerpunkt tiefer liegt. Die Untersuchungsergebnisse zeigten jedoch keinen Zusammenhang in der Hinsicht. Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie und einbezogener Studien (Mainenti et al., 2011, Deforche et al., 2009; Maffiuletti et al., 2005; McGraw et al., 2000) sollte in künftigen Studien der Fokus auf die Körperzusammensetzung liegen, um noch genauere Aussagen bezüglich der Stärke des Einflusses von anthropometrischen Faktoren auf die Gleichgewichtsfähigkeit machen zu können. Womöglich kann ein signifikanter Zusammenhang mit stärkerer Ausprägung von der Gleichgewichtsfähigkeit im einbeinigen Stand und einem hohen Anteil von fettfreier Masse des Probanden bei zukünftigen Untersuchungen gefunden werden.

Bei den Berechnungen im Bezug zu der Kraftfähigkeit der Muskulatur von Beinen, Rumpf und der gesamten Muskulatur konnten auch einige signifikante Korrelationen gefunden werden. Etwa wurde ein Zusammenhang zwischen den erreichten Koordinationspunkten am Posturomed und der gesamten Kraftfähigkeit für beide Beine gefunden. Nach der Aufteilung der Beinmuskulatur in Beinbeuger-Muskulatur und Beinstrecker-Muskulatur konnte jedoch nur ein Zusammenhang für die Bein beugende Muskulatur gefunden werden. Zudem war hier der Zusammenhang die Beinbeuger-Muskulatur und die erreichten Koordinationspunkte vom linken Bein größer als die vom rechten Bein. Nichts desto trotz muss man an dieser Stelle festhalten, dass bei den genannten Zusammenhängen nur eine geringer Ausprägung vorhanden war. Ebenso gering war die Ausprägung der signifikanten Korrelation zwischen der Kraftfähigkeit der Rumpfextensoren und den erreichten Koordinationspunkten am Posturomed. In Bezug auf den Zusammenhang der Kraftfähigkeit und der Gleichgewichtsfähigkeit wäre es zudem interessant zu erforschen, ob die getesteten Probanden nach dem Ableisten der Wehrpflicht bessere Leistungen erzielen, sowohl am Posturomed als auch am Myoline Professional, da die Grundausbildung der Stellungspflichtigen körperliches Training beinhaltet. Somit könnte näher auf die Frage eingegangen werden, inwiefern die körperliche Fitness die Testleistungen beeinflusst.

Die Frage nach einem Unterschied bei der Gleichgewichtsfähigkeit zwischen rechten und linken Bein konnte positiv beantwortet werden. Es konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden der besagt, dass die Leistung des linken Beines im Vergleich zum rechten Bein wesentlich besser ausfiel. Nähere Untersuchungen für diesen Effekt, der von Fetz (1990) als lateraler Transfer bezeichnet wird, sind in Zukunft von Nöten um über den Ursprung der Leistungsunterschieden der Beine genauere Aussagen machen zu können.

Allgemein konnte festgestellt werden, dass in den gesamten Messungen eine hohe Standardabweichung zu finden war. Allgemein gültige Aussagen sind daher nur erschwert zu treffen. Nach Abschluss der vorliegenden Arbeit erscheint es für künftige Untersuchungen der Einflussfaktoren der Gleichgewichtsfähigkeit gemessen am Posturomed bei jungen Männern die Körperzusammensetzung unter Berücksichtigung von Trainingserfahrung, -zustand, und möglichen vorhergehenden Verletzungen am Bewegungsapparat genauer zu erforschen.

Des Weiteren gilt es geeignetere Test zur Erfassung der Kraftfähigkeit spezifischer Muskulatur anzuwenden, da hier womöglich stärkere Zusammenhänge gefunden werden könnten. Die Gleichgewichtsfähigkeit als Teilfähigkeit der Koordination scheint einer Vielzahl von Einflussgrößen unterworfen zu sein, sodass die Ergebnisse der Messungen der jungen Männer von dem Zusammenspiel von Körperzusammensetzung, Kraftfähigkeit spezifischer Muskulatur, Trainings-, Bewegungserfahrung, etc. abhängig sind.

## 8 Verzeichnisse

### 8.1. Literaturverzeichnis

- Allet, L.; Kim, H.; Ashton-Miller, J.; De Mott, T.; Richardson, J.K. (2012). Frontal plane hip and ankle sensorimotor function, not age, predicts unipedal stance time. *Muscle & Nerve*. Apr; 45(4): 578-585.
- Alonso, A.C.; Brech, G.C.; Bourquin, A.M.; Greve, J.M. (2011). The influence of lower-limb dominance on postural balance. *Sao Paulo Medical Journal*, Dec; 129(6): 410-413.
- Angyan, L.; Teczely, T.; Angyan, Z. (2007). Factors affecting postural stability of healthy young adults. *Acta physiologica hungarica*, 94, 4, S.289-299.
- Apolin, M. (2007). *Vorlesungsunterlagen Trainingswissenschaften – Koordination und Technik*. Wien: Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport.
- Balogun, J.A.; Ajayi, L.O.; Alawale, F. (1997). Determinants of single limb stance balance performance. *African Journal of Medicine and Medical Science*, Sep-Dec; 26(3-4):153-157.
- Becker, S. (2004). Die gezielte physiotherapeutische Nachbehandlung nach Kyphoplastie – moderne Aspekte und Konzepte. *Journal für Mineralstoffwechsel*, 11 (Sonderheft 3): S. 19-23.
- Biesalski, H. K.; Bischoff, S.; Puchstein Ch. (2010). *Ernährungsmedizin – Nach dem neuen Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer*. (4. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Boer, R. (2006). *Charakterisierung des Balanceverhaltens von Gesunden-, Hüft- und Kniepatienten auf dem Posturomed*. Tübingen: Eberhart Karls Universität, Medizinische Fakultät.
- Bruhn, S.; Kullmann, N.; Gollhofer, A. (2004): The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *International Journal of Sports Medicine* 25: 56-60.

- Bruhn, S.; Kullmann, N.; Gollhofer, A. (2006): Combinatory effects of high intensity-strength training and sensorimotor training on muscle strength. *International Journal of Sports Medicine* 27: 401–406.
- Cote, K.P.; Brunet, M.E.; Gansneder, B.M.; Shultz, S.J. (2005). Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability. *Journal of Athletic Training*, Mar; 40(1): 41-46.
- Deforche, B.I.; Hills, A.P.; Worringham, C.J.; Davies P.S.; Murphy, A.J., Bouckaert, J.J.; De Bourdeaudhuij, I.M. (2009). Balance and postural skills in normal-weight and overweight prepubertal boys. *International Journal of Pediatric Obesity*, 4(3): 175-182.
- DiStefano, L.J.; Clark, M.A.; Padua, D.A. (2009). Evidence supporting balance training in healthy individuals: a systemic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Dec.23(9): 2718-2731.
- Edwards, W.T. (2007). Effect of joint stiffness on standing stability. *Gait & Posture*. March; 25(3): 432-439.
- Faulkner, J.A. (2003). Terminology for contractions of muscles during shortening, while isometric, and during lengthening. *Journal of Applied Physiology*, August 1, Vol. 95 No. 2: 455-459.
- Fetz, F. (1990). *Motorisches Gleichgewicht im Sport*. (2. überarbeitete Auflage). Wien: ÖBV.
- Fischer, K. (1988). *Rechts-Links-Probleme im Sport und Training*. (Reihe Motorik, Band 6) Schorndorf: Hofmann.
- Gabbard, C.; Hart, S. (1996) A question of foot dominance. *The Journal of General Psychology*, Oct; 123(4): 289-296.
- Goulding, A.; Jones, I.E.; Taylor, R.W.; Piggot, J.M.; Taylor, D. (2003). Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity. *Gait & Posture*, Apr; 17(2):136-141.

- Granacher, U.; Gollhofer, A. (2011). Is there an association between variables of postural control and strength in adolescents? *Journal of Strength and Conditioning Research*, Jun; 25(6): 1718-1725.
- Greve, J.; Alonso, A.; Bordini, A.C. & Camanho G. L. (2007). Correlation between Body-Mass-Index and postural balance. *Clinical Science*, 62, 6, S. 717-720.
- Hardt, J.; Benjanuvatra, N. & Blanksby, B. (2009). Do footedness and strength asymmetry relate to the dominant stance in swimming track start? *Journal of Sports Sciences*; 27(11): 1221–122.
- Hegeman, J.; Shapkova, E.Y.; Honegger, F., Allum J.H. (2007). Effect of age and height on trunk sway during stance and gait. *Journal of Vestibular Research*, 17(2-3): 75-87.
- Heitkamp, H.-C.; Horstmann, T.; Mayer, F.; Weller, J.; Dickhuth, HH. (2001). Gain in strength and muscular balance after balance training. *International Journal of Sports Medicine*; 22: 285-290.
- Hirtz, P.; Hotz, A.; Ludwig, G. (2005). *Gleichgewicht. Bewegungskompetenzen – Schriftenreihe für Bewegung, Spiel und Sport*. (2.unveränderte Auflage). Schorndorf: Verlag Karl Hofmann
- Hof, A.L.; Gazendam, M.G.; Sinke, W.E. (2005). The condition for dynamic stability. *Journal of Biomechanics*, Jan; 38(1): 1-8.
- Hoffman, M.; Schrader, J.; Applegate, T.; Koceja, D. (1998). Unilateral postural control of the functionally dominant and nondominant extremities of healthy subjects. *Journal of Athletic Training*, Oct, 33(4): 319-322.
- Hohmann, A.; Lames, M.; Letzelter, M. (2003). *Einführung in die Trainingswissenschaft*. (3. erweiterte Auflage). Wiebelsheim: Limpert Verlag.
- Horak, F.B. (1987). Clinical measurement of postural control in adults. *Physical Therapy*, Dec., 67(12): 1881-1885.
- Horak, F.B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, Sep, 35 Suppl. 2:ii7-ii11.

- Hollmann, W.; Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin*. (4. überarbeitete Auflage). Stuttgart: Schattauer.
- Iqbal, K. (2011). Mechanisms and models of postural stability and control. *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE, 2011*: 7837-40.
- Johansson, R.; Magnusson, M. (1991). Human postural dynamics. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*. 1991; 18(6): 413-37.
- Kejonen, P.; Kauranen, K.; Ahasan, R.; Vanharanta, H. (2003). The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84, 1, S. 17-22.
- King, A.C.; Challis, J.H.; Bartok, C.; Costigan, F.A.; Newell, K.M.(2012). Obesity, mechanical and strength relationships to postural control in adolescence. *Gait & Posture*, Feb; 35(2): 261-265.
- Kouzaki M, Masani K. Postural sway during quiet standing is related to physiological tremor and muscle volume in young and elderly adults. *Gait Posture*. 2012 Jan;35(1):11-7.
- Ku, P.X.; Abu Osman, N.A.; Yusof, A.; Wan Abas, W.A. (2012). Biomechanical evaluation of the relationship between postural control and body mass index. *Journal of Biomechanics*, Jun 1;45(9): 1638-1642.
- Laube, W. (2004). Das sensomotorische System, die Bewegungsprogrammierung und die sensomotorische Koordination beim Gesunden und Verletzten. *Österreichische Zeitschrift für Physikalische Medizin und Rehabilitation*, 14/1: 35-49.
- Lin, W.H.; Liu, Y.F.; Hsieh, C.C.; Lee, A.J. (2009). Ankle eversion to inversion strength ratio and static balance control in the dominant and non-dominant limbs of young adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*, Jan;12(1): 42-49.
- Macpherson; J.M.; Fung, J., Jacobs, R. (1997). Postural orientation, equilibrium, and the spinal cord. *Advances in Neurology* 72: 227-232.

- Maffiuletti, N.A.; Agosti, F.; Riva, D.; Resnik, M.; Lafortuna, C.L. (2005). Postural instability of extreme obese individuals improves after a body weight reduction program entailed specific balance training. *Journal of endocrinological investigation*, 28, 1: S. 2-7.
- Mainenti, M.R.; Rodrigues, E.C.; Oliveira, J.F.; Ferreira, A.S.; Dias, C.M.; Silva, A.L. (2011). Adiposity and postural balance control: correlations between bioelectrical impedance and stabilometric signals in elderly Brazilian women. *Clinics (Sao Paulo)*, 66(9): 1513-1518.
- Mancini, M.; Horak, F.B. (2010). The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 46 (2): 239-248.
- Massion J. (1994). Postural control system. *Current Opinion in Neurobiology*, Dec, 4(6): 877-887.
- Mathelitsch, L.; Thaller, S. (2008). *Sport und Physik. Praxis Schriftenreihe Physik*. (Band 64). Köln: Aulis Verlag Deubner.
- McGraw, B.; McClenaghan, H.G.; Dickerson, J.(2000). Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81, S. 484-490.
- Meinel, K.; Schnabel, G. (2006). *Bewegungslehre, Sportmotorik, Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt*. (10. Auflage). München: Südwest.
- Mignardot, J.B.; Olivier, I.; Promayon, E.; Nougier, V. (2010). Obesity impact on the attentional cost for controlling posture. *PLoS One.*, Dec 20, 5(12): e14387.
- Mouchnino, L.; Cincera, M.; Fabre, J.C.; Assaiante, C.; Amblard, B.; Pedotti, A.; Massion, J. (1996). Is the regulation of the center of mass maintained during leg movement under microgravity conditions? *Journal of Neurophysiology*, Aug; 76(2): 1212-1223.
- Muehlbauer, T.; Gollhofer, A.; Granacher, U. (a) (2012). Association of balance, strength and power measures in young adults. *Journal of Strength Conditioning Research*, May 24. [Epub ahead of print]

- Muehlbauer, T.; Gollhofer, A.; Granacher, U. (b) (2012). Relationship between measures of balance and strength in middle-aged adults. *Journal of Strength Conditioning Research*, 2012 Sep; 26(9):2401-2407.
- Müller, O.; Günther, M.; Krauß, I.; Horstmann, Th. (2004). Physikalische Charakterisierung des Therapiegerätes Posturomed als Messgerät – Vorstellung eines Verfahrens zur Quantifizierung des Balancevermögens. *Biomedizinische Technik*, 49, 3, S. 56-60.
- Oberbeck, O. (1988). *Seitigkeitsphänomene und Seitigkeitstypologie im Sport*. (Schriften des Bundesinstitutes für Sportwissenschaft, 68) Schorndorf: Hofmann.
- Rein, S.; Fabian, T.; Zwipp, H.; Mittag-Bonsch, M.; Weindel, S. (2010). Influence of age, body mass index and leg dominance on functional ankle stability. *Foot & Ankle International*, May; 31(5): 423-432.
- Ringsberg, K.; Gerdhem, P.; Johansson, J.; Obrant, KJ. (1999). Is there a relationship between balance gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age and aging*, 28, 3, S. 289-293.
- Rougier, P.R. (2007). Relative contribution of the pressure variations under the feet and body weight distribution over both legs in the control of upright stance. *Journal of Biomechanics*, 7; 40 (11):2477-2482.
- Sarkar, A.; Singh, M.; Bansal, N.; Kapoor, S. (2011). Effects of obesity on balance and gait alterations in young adults. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, Jul-Sep; 55(3): 227-233.
- Schnabel, G.; Harre, D.; Krug, J. (2011). *Trainingslehre – Trainingswissenschaft*. (2. aktualisierte Auflage). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Scrivens, J.E.; Ting, L.H.; Deweerth, S.P. (2006). Effects of stance width on control gain in standing balance. *Conference Proceedings: Annual International Confernce of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*; 1:4055-4057.
- Stehle, P. (2009). *Expertise. Sensomotorisches Training – Propriozeptives Training. Band 1*. (1. Auflage). Köln: Sportverlag Strauß.

- Strobel, J.; Spengler, C.; Stefanski, M.; Friemert, B.; Palm, H.G. (2011). Influence of bodily constitution and physical activity on postural stability. *Sportverletzung Sportschaden, Sep; 25(3):159-166.*
- Teasdale, N.; Hue, O.; Marcotte, J.; Berrigan, F.; Simoneau, M.; Dore, J.; Marceau, P.; Marceau, S.; Tremblay, A. (2007). Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *International journal of obesity, 31, 1, S.153-60.*
- Turbanski, S.; Schmidtbleicher, D. (2010). Posturale Kontrolle als situationsabhängige Fertigkeit. *Sportverletzung - Sportschaden, 24(3), 123-128.*
- Ushiyama, J.; Masani, K. (2011). Relation between postural stability and plantar flexors muscle volume in young males. *Medicine and Science in Sports and Exercise, Nov; 43(11): 2089-2094.*
- Verhagen, E.; Bobbert, M.; Inklaar, M.; van Kalken, M.; van der Beek, A.; Bouter, L.; van Mechelen, W. (2005). The effect of balance training programme on centre of pressure excursion in one-leg stance. *Clinical Biomechanics, 20 (10), S. 1094-1100.*
- Weineck, J. (2007). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. (15.Auflage) Balingen: Spitta Verlag.
- Wilke, C. (2000). *Sensomotorische Leistungen der unteren Extremitäten, Quantifizierungsmethoden und Training in der Rehabilitation*. Köln: Deutsche Sporthochschule.

## **Internetadressen:**

Österreichisches Bundesheer

Zugriff zuletzt am 29.6.2013, unter:

[www.bmlv.gv.at](http://www.bmlv.gv.at)

[http://www.bmlv.gv.at/rekrut/stellung\\_einberufung/stellung.shtml](http://www.bmlv.gv.at/rekrut/stellung_einberufung/stellung.shtml)

WHO – World Health Organisation

Zugriff zuletzt am 13.7.2013, unter:

[www.who.int](http://www.who.int)

<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>

Firma Bioswing

Zugriff zuletzt am 3.2.2012, unter:

[www.bioswing.de](http://www.bioswing.de)

[http://bioswing.de/cmsupload/products/therapiegeraete/posturomed/Uebungsanleitung\\_Posturomed\\_deutsch.pdf](http://bioswing.de/cmsupload/products/therapiegeraete/posturomed/Uebungsanleitung_Posturomed_deutsch.pdf)

Posturomed

Zugriff zuletzt am 18.2.2012, unter:

<http://www.posturomed.de/posturomed.html>

Firma Diers

Zugriff zuletzt am 3.4.2012, unter:

[www.diers.de](http://www.diers.de)

[http://www.diers.de/assets/Produktbroschren/DE/DIERSmyoline\\_DE.pdf](http://www.diers.de/assets/Produktbroschren/DE/DIERSmyoline_DE.pdf)

## 8.2. Abbildungsverzeichnis

|  |      |
|--|------|
| Abb.1. Schematische Gliederung des motorischen Gleichgewichts (nach Fetz 1990).....  | S.13 |
| Abbildung 2: Einordnung der Begriffe Koordination, Sensomotorik, neuromuskuläre Mechanismen, Propriozeption und Kinästhetik (Wilke 2000, S.8)..... | S.18 |
| Abbildung 3: Therapie- und Trainingsgerät Posturomed .....   | S.41 |
| Abbildung 4: Grafische Umsetzung von Bioswing, welche die Messungen am Posturomed anzeigt .....  | S.42 |
| Abbildung 5: Testaufbau (in der Stellungskommission Wien).....   | S.43 |
| Abbildung 6: Testprozedere am Posturomed.....  | S.44 |
| Abbildung 7: Grafische Umsetzung von Dicam, Messung der Beinbeuger.....  | S.46 |
| Abbildung 8: Grafische Umsetzung von Dicam, Vergleich Beinbeuger links versus rechts .....   | S.46 |
| Abbildung 9: Testaufbau (in der Stellungskommission Wien).....   | S.48 |
| Abbildung 10: Fragebogen Seite 1.....  | S.89 |
| Abbildung 11: Fragebogen Seite 2.....  | S.90 |
| Abbildung 12: Fragebogen Seite 3.....  | S.91 |

## 8.3. Tabellenverzeichnis

|  |      |
|--|------|
| Tabelle 1: Biometrische Daten der gesamten Probanden .....                         | S.37 |
| Tabelle 2: Biometrische Daten der Probanden der 1. und 2.Testreihe in Wien.....    | S.37 |
| Tabelle 3: Biometrische Daten der Probanden der 3.Testreihe in Graz.....           | S.38 |
| Tabelle 4: Biometrische Daten der Probanden der 4. Testreihe in St.Pölten.....     | S.38 |
| Tabelle 5: Biometrische Daten der Probanden der 5. Testreihe in Linz.....          | S.38 |
| Tabelle 6: Biometrische Daten der Probanden der 6. Testreihe in Klagenfurt.....    | S.39 |
| Tabelle 7: Biometrische Daten der Probanden der 7. Testreihe in Innsbruck.....     | S.39 |
| Tabelle 8: Test auf Normalverteilung von BMI und gesamte Koordinationspunkte.....  | S.52 |
| Tabelle 9: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und BMI..... | S.52 |

|  |      |
|--|------|
| Tabelle 10: Test auf Normalverteilung der drei BMI-Klassen.....  | S.53 |
| Tabelle 11: Gruppenstatistik des Wertes gesamte Koordinationspunkte nach Einteilung in BMI-Klassen.....  | S.54 |
| Tabelle 12: Test auf Unterschied der gesamten Koordinationspunkte in den BMI-Klassen.....  | S.54 |
| Tabelle 13: Ränge der BMI-Klassen für den Messwert gesamte Koordinationspunkte.....  | S.54 |
| Tabelle 14: Test auf Normalverteilung von Körpergewicht und gesamte Koordinationspunkte.....   | S.55 |
| Tabelle 15: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Körpergewicht.....  | S.55 |
| Tabelle 16: Test auf Normalverteilung Körpergröße und gesamte Koordinationspunkte..  | S.56 |
| Tabelle 17: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Größe.....  | S.56 |
| Tabelle 18: Test auf Normalverteilung von Taillenumfang und gesamte Koordinationspunkte.....   | S.57 |
| Tabelle 19: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Umfang der Taille.....  | S.57 |
| Tabelle 20: Test auf Normalverteilung von Sitzhöhe, und gesamte Koordinationspunkte  | S.58 |
| Tabelle 21: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Sitzhöhe.....   | S.58 |
| Tabelle 22: Test auf Normalverteilung von Beinlänge und gesamte Koordinationspunkte.....   | S.59 |
| Tabelle 23: Test auf Zusammenhang zwischen gesamte Koordinationspunkte und Beinlänge.....  | S.59 |
| Tabelle 24: Test auf Normalverteilung des Mittelwert der Kraftfähigkeit von Rumpfflexoren und Rumpftensoren, sowie gesamten Koordinationspunkte..... | S.60 |
| Tabelle 25: Test auf Zusammenhang zwischen gesamten Koordinationspunkten und dem Mittelwert der Kraftfähigkeit der Rumpfflexoren.....                | S.60 |
| Tabelle 26: Test auf Zusammenhang zwischen gesamten Koordinationspunkten und dem Mittelwert der Kraftfähigkeit der Rumpftensoren.....                | S.61 |

|   |      |
|---|------|
| Tabelle 27: Test auf Normalverteilung der Kraft-Mittelwertes und der Koordinationspunkte von rechtem Bein und linkem Bein.....                              | S.61 |
| Tabelle 28: Test auf Zusammenhang zwischen gesamten Koordinationspunkten und dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des rechten Beines .....                     | S.62 |
| Tabelle 29: Test auf Zusammenhang zwischen gesamten Koordinationspunkten und dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des linken Beines.....                       | S.62 |
| Tabelle 30: Test auf Normalverteilung des Kraft-Mittelwertes der Beinbeuger, Beinstrecker und der Koordinationspunkte von rechtem Bein und linkem Bein..... | S.63 |
| Tabelle 31: Test auf Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des Beinbeugers und der Koordinationspunkte vom rechten Bein.....              | S.64 |
| Tabelle 32: Test auf Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des Beinbeugers und der Koordinationspunkte vom linken Bein.....               | S.64 |
| Tabelle 33: Test auf Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des Beinstreckers und der Koordinationspunkte vom rechten Bein.....            | S.65 |
| Tabelle 34: Test auf Zusammenhang zwischen dem Mittelwert der Kraftfähigkeit des Beinstreckers und der Koordinationspunkte vom linken Bein.....             | S.65 |
| Tabelle 35: Häufigkeiten den Beinpräferenz links und rechts.....  | S.66 |
| Tabelle 36: Tests auf Normalverteilung von Koordinationspunkte links und rechts.....  | S.66 |
| Tabelle 37: Test auf Unterschied zwischen den Koordinationspunkten rechts und links...S.66  | S.66 |
| Tabelle 38: Testergebnis auf Unterschied zwischen den Koordinationspunkten rechts und links .....   | S.67 |

# 9 Anhang

## 9.1. Fragebogen



**Heeres – Sportzentrum**  
**Heeres Sportwissenschaftlicher Dienst**

Fragebogen zur Abschätzung ihrer individuellen Belastbarkeit im speziellen im Bereich Rücken und Herzkreislaufsystem.

Name: \_\_\_\_\_ Geschlecht:  männlich  
Vorname: \_\_\_\_\_  weiblich  
Geburtsdatum: \_\_\_\_\_  
Ablaufnummer: \_\_\_\_\_

**1. Wie würden Sie Ihre Tätigkeit im Beruf beschreiben?** (eine Antwortmöglichkeit)  
 überwiegend sitzend  überwiegend stehend  überwiegend in Bewegung

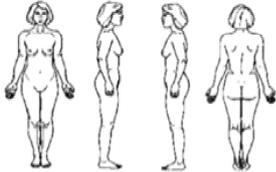
**2. Wie viel körperliche Anstrengung erfordert diese Tätigkeit?** (eine Antwortmöglichkeit)  
 keine besondere Anstrengung  
 mäßige körperliche Anstrengung  
 hohe körperliche Anstrengung

**3. Haben Sie derzeit Schmerzen?** (wenn „nein“, dann weiter bei Frage 6)  
 Ja  Nein

**3a) Wenn ja wo haben sie die Schmerzen.**

**LWS** unterer Teil des Rückens  
**BWS** mittlerer Teil des Rückens (Höhe Brustkorb)  
**HWS** oberer Teil des Rückens (Hals, Nacken)

**Schulterbeschwerden** rechts  links   
**Armbeschwerden** rechts  links   
**Hüftbeschwerden** rechts  links   
**Knieschmerzen** rechts  links   
**Fußschmerzen** rechts  links



ja   
ja   
ja

**3b. Wenn „Ja“, wann haben Sie Schmerzen?**  
 konstant  belastungsabhängig  hin und wieder  eher selten

**4. Wie stark schätzen Sie Ihre Schmerzen zur Zeit ein?**  
(0 = keine Schmerzen - 10=die schlimmsten vorstellbaren Schmerzen)

0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10

Abbildung 10: Fragebogen Seite 1

**5. Wie stark fühlen Sie sich durch Ihre Schmerzen in Ihren Tätigkeiten und Bedürfnissen eingeschränkt?**

(0 = gar nicht – 10 = absolut)

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

**6. Wurden bei Ihnen eine der folgenden Erkrankungen des Bewegungssystems von einem Arzt festgestellt?**

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Nein                         | <input type="checkbox"/> Arthrose              | <input type="checkbox"/> M. Bechterew         |
| <input type="checkbox"/> Bandscheibenvorfall          | <input type="checkbox"/> Osteoporose           | <input type="checkbox"/> entzündliches Rheuma |
| <input type="checkbox"/> Skoliose                     | <input type="checkbox"/> sonstige Rückenleiden |   |
| <input type="checkbox"/> Unfallfolgen, und zwar _____ |  |   |
| <input type="checkbox"/> Operationen, und zwar _____  |  |   |
| <input type="checkbox"/> sonstiges, und zwar _____    |  |   |

**6a. Sind Sie zur Zeit wegen dieser Erkrankungen in ärztlicher oder physiotherapeutischer Behandlung?**

- Ja                       Nein

**7. Wurde bei Ihnen eine der folgenden Erkrankungen des Herz- Kreislaufsystems oder der Atmungsorgane von einem Arzt festgestellt?**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> Nein                        | <input type="checkbox"/> hoher Blutdruck                  | <input type="checkbox"/> Herzinfarkt          |
| <input type="checkbox"/> Herzinsuffizienz / Schwäche | <input type="checkbox"/> Angina pectoris                  | <input type="checkbox"/> Herzmuskelentzündung |
| <input type="checkbox"/> Asthma bronchiale           | <input type="checkbox"/> chronische Bronchitis            |   |
| <input type="checkbox"/> insulinpflichtiger Diabetes | <input type="checkbox"/> obstruktive Atemwegserkrankungen |   |
| <input type="checkbox"/> sonstige, und zwar _____    |   |   |

**7a. Fühlen Sie sich durch die genannte Erkrankung in der körperlichen Aktivität eingeschränkt?**

- Ja                       Nein

**7b. Sind Sie zur Zeit wegen dieser Erkrankungen in ärztlicher Behandlung?**

- Ja                       Nein

**8a. Hat Ihnen jemals ein Arzt gesagt, Sie hätten „etwas am Herzen“ und Ihnen nur unter medizinischer Kontrolle Bewegung und Sport empfohlen?**

- Ja                       Nein

**8b. Hatten Sie im letzten Monat Schmerzen in der Brust in Ruhe oder bei körperlicher Belastung? Haben Sie Probleme mit der Atmung in Ruhe oder bei körperlicher Belastung? Sind Sie jemals wegen Schwindel gestürzt oder haben Sie schon jemals das Bewusstsein verloren?**

- Ja                       Nein

**8c. Haben Sie Knochen- oder Gelenkprobleme, die sich unter körperlicher Belastung verschlechtern könnten?**

- Ja                       Nein

Abbildung 11: Fragebogen Seite 2

8d. Hat Ihnen jemals ein Arzt ein Medikament gegen hohen Blutdruck oder wegen eines Herzproblems oder Atemproblems verschrieben?

- Ja  Nein

8e. Kennen Sie irgendeinen weiteren Grund, warum Sie nicht körperlich/ sportlich aktiv sein sollten?

- Ja  Nein

9. Rauchen Sie?

- Ja  Nein (ich habe in den letzten 6 Monaten zum rauchen aufgehört)  Nein

10. Gab es bei Ihrem Vater, oder väterlicher Verwandtschaft ersten Grades, vor dem 55. Lebensjahr, oder bei Ihrer Mutter, oder mütterlicher Verwandtschaft ersten Grades, vor dem 65. Lebensjahr, einen Fall von Herzinfarkt, Gefäßverschluss (Herzkranzgefäß) oder plötzlichen Herztod?

- Ja  Nein

11. Welche Hand bzw. Fuß bevorzugen sie?

- a) Bevorzugte Hand:  Links  Rechts  
b) Bevorzugter Fuß:  Links  Rechts

#### Einverständniserklärung

Ich bin damit einverstanden, dass die an mir erhobenen Testparameter dieser Studie für wissenschaftliche Zwecke Verwendung finden (Erstellung von Normwerten für das ÖBH). Ich erhalte jederzeit Einblick in meine Untersuchungsdaten. Alle Untersuchungsergebnisse meine Person betreffend können ohne Angabe meines Namens, Adresse und Standes vorausgesetzt, für Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften herangezogen werden. Die Untersuchungsdaten anderer, an diesem Projekt teilnehmender Personen, sind mir nicht zugänglich. Jede an dieser Studie teilnehmende Person erhält nur in ihre eigenen Ergebnisse Einsicht.

\_\_\_\_\_  
Unterschrift der Projektteilnehmer/INNEN

\_\_\_\_\_  
Ort und Datum

Die Anonymität der Befragten bleibt natürlich gewahrt!

Die Daten werden lediglich für wissenschaftliche Auswertungen verwendet!

Danke für Ihre Mitarbeit

Abbildung 12: Fragebogen Seite 3

## 9.2. Lebenslauf

Name: Katharina Wultsch

Geburtsdatum: 06.05.1986

Geburtsort: Oberpullendorf

---

|           |   |
|-----------|---|
| Seit 2009 | Selbstständige Trainerin im Bereich Group-Fitness und Personal Training   |
| 2005-2008 | Fitnesstrainerin bei diversen Fitnessstudios/Firmen (John Harris, Margaretenstrasse -Wien, Sportunion - Wien, Life - Wiener Neustadt, etc.) |
| Seit 2005 | Angestellte, Mag. Thomas Wultsch KG - Bluebit Computer Systeme  |
| 2004-2005 | Fitnesstrainerin, Body and Soul – Beach and Fitness Club, Anguilla B.W.I.   |
| 2011      | Diplom Zumba ® Instructor, Zumba ® Fitness in Wien  |
| 2009      | Diplom Antara ® Instructor, BASK in Vösendorf   |
| 2008      | Diplom der Berufsausbildung – Lehrgang Massage, Privatilehranstalt Herricht in Wien   |
| 2003      | Absolvierung Lehrwart/ Fit Erwachsene, BORG Wiener Neustadt in Kooperation mit der Bundesanstalt für Leibeserziehungen Wien                 |
| Seit 2009 | Magisterstudium Sportwissenschaften, an der Universität Wien  |
| 2009      | Studienabschluss Gesundheitssport, Bakk.rer.nat.  |
| 2005-2009 | Bakkalaureatsstudium Gesundheitssport an der Universität Wien   |
| 2004      | Matura, BORG Wiener Neustadt  |

## **Eidesstattliche Erklärung**

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel *Gleichgewichtsfähigkeit, gemessen am Posturomed, in Bezug auf anthropometrische und Kraft-Parameter* selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht (z.B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z.B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.“

---

Ort, Datum

---

Unterschrift