



Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

**„Einflussfaktoren auf den MFT-S3 Körperstabilitätstest
unter besonderer Berücksichtigung der
anthropometrischen Faktoren und des Body-Mass-Index“**

Verfasser

Bakk. Farkas Benedikt

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat)

Wien, im Februar 2009

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066826

Studienrichtung lt. Studienblatt: Sportwissenschaften

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

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit *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.“

Danksagung

Während des Studiums und der Erstellung dieser Diplomarbeit haben mich viele Personen unterstützt. In dieser Danksagung möchte ich mich bei diesen Personen für ihre Hilfe bedanken.

Besonderer Dank gilt meiner Familie, die mir immer Rückhalt gegeben und mir auch finanziell unter die Arme gegriffen hat. Weiterhin möchte ich auch Karl Morgenbesser meinen Dank ausdrücken, ohne dessen Testequipment diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

Natürlich gebührt auch meinem Betreuer Herrn Dr. Harald Tschan Dank, der mir mit seiner freundlichen Unterstützung das Erstellen dieser Arbeit erleichtert hat.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	7
2 Theoretische Grundlagen	9
2.1 Koordination.....	9
2.1.1 Motorischer Handlungskomplex	9
2.1.2 Koordinative Fähigkeiten	12
2.1.2.1 Gleichgewichtsfähigkeit.....	13
2.1.3 Posturale Regulation im aufrechten Stand	14
2.1.3.1 Gewichtung der Inputsysteme	15
2.2 Einflussfaktoren auf die Gleichgewichtsfähigkeit und posturale Stabilität	16
2.2.1 Alter.....	16
2.2.2 Sportmotorische Erfahrung	17
2.2.3 Physische Einflussfaktoren	18
2.2.4 Anthropometrische Faktoren.....	19
2.2.5 BMI	20
2.2.6 Geschlecht	21
2.2.7 Weitere Einflussfaktoren.....	22
2.3 Messtechniken zur Balanceanalyse	23
2.3.1 Stabiliometrie/ Posturographie	25
2.3.2 Messgeräte auf instabilen Ebenen	26
3 Hypothesenbildung.....	28
3.1 Fragen und Ziele.....	28
3.2 Hypothesenbildungen.....	29
4 Methoden und Probanden.....	31
4.1 Untersuchungsdesign	31
4.2 Probanden.....	33
4.3 Messgerät-MFT-S3	34
4.3.1 S3-Testsystem	34
4.3.2 Erhobene Messwerte	35
4.3.3 Normwerte für den S3 Check.....	37

4.3.4 Reliabilität, Objektivität und Validierung.....	38
4.4 Testablauf	39
4.5 Statistische Datenverarbeitung.....	40
5 Ergebnisse	41
5.1 Alter und Geschlecht.....	41
5.1.1 Alter.....	41
5.1.2 Geschlecht	44
5.2 Anthropometrische Faktoren und BMI	46
5.2.1 Größe.....	46
5.2.2 Body-Mass-Index	52
5.3 Testzeitpunkt	57
5.4 Training und Verletzungen.....	59
5.4.1 Training	60
5.4.2 Verletzungen	63
5.5 Bewegungsrichtung.....	66
6 Diskussion.....	68
6.1 Kritik der Methodik.....	68
6.1.1 Umfeld und Ablauf.....	68
6.1.2 Probanden.....	69
6.2 Diskussion der Ergebnisse	70
6.2.1 Alter.....	70
6.2.2 Geschlecht	70
6.2.3 Körpergröße	71
6.2.4 BMI	72
6.2.5 Testzeitpunkt	73
6.2.6 Körperliche Aktivität und Verletzungen.....	74
6.2.6.1 Training	74
6.2.6.2 Verletzungen	75
6.2.7 Bewegungsrichtung.....	76
7 Schlussfolgerungen.....	77

8 Literaturliste	79
9 Verzeichnisse.....	83
9.1 Abbildungsverzeichnis	83
9.2 Tabellenverzeichnis.....	83
10 Anhang	86
10.1 Abstract	86
10.1.1 Deutsche Version	86
10.1.2 Englische Version	87
10.2 Lebenslauf	88

1 Einleitung

Die Erfassung aktueller Leistungszustände und therapiebedingter Leistungsveränderungen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Im konditionellen Bereich ist die Quantifizierung der Therapieeffekte (Maximalkraft-, Sprungkraft-, Laktatmessungen) weit verbreitet (vgl. Schlumberger et al., 1998).

Solche Messtechniken führten zu einer qualitativen Verbesserung der Trainingsbedingungen in Ausdauer und Kraftsportarten.

Im koordinativen Bereich gab es in der messtechnischen Erfassung der Leistungsparameter in den vergangenen Jahren auch eine enorme Entwicklung.

Der Grund dafür ist, dass die Bedeutung von propriozeptiven Trainingsmaßnahmen und sensomotorischem Training in den letzten Jahren enorm zugenommen hat.

Sie werden heute in nahezu allen Sportarten in die Trainingsgestaltung zur Verletzungsprophylaxe und Leistungssteigerung eingebaut. Auch in der Rehabilitation, zur Verbesserung des präoperativen Ausgangsniveaus nach Prothesenimplantationen und als Sturzprophylaxe bei älteren Personen, ist das koordinative Training und die Verbesserung der Körperstabilität nicht mehr wegzudenken (vgl. Böer, 2006; Laessoe et al., 2007).

Das Angebot an Trainingsmaßnahmen und Geräten für koordinatives Training ist sehr groß. Instabile Standflächen, wie Matten, Kreisel, Balance-Pads, Minitrampoline sowie Trainingsgeräte mit wackeligem Untergrund, wie z.B. Kippbretter, finden in nahezu allen sportlichen Bereichen ihre Anwendung. Ergänzt werden sie durch spezielle Trainingsgeräte, wie z.B. den Posturomed, Stabilisationstrainer etc..

Die Messung des Trainingseffektes und des aktuellen Leistungszustandes der Koordination ist jedoch bis heute umstritten. Die Vielfalt unterschiedlicher Testverfahren zur Überprüfung der sensomotorischen Fähigkeiten ist durch die unzähligen Variationen sensomotorischer Prozesse bedingt. Das führt dazu, dass es nicht „das Messgerät“ für sämtliche Bewegungen gibt.

Messgeräte, die häufig in Studien zur Bestimmung eines Balancewerts eingesetzt werden und scheinbar objektive und reliable Messergebnisse liefern, sind z.B. die Kistlerplatte, die die Projektion des Körperschwerpunktes auf eine Grundplatte berechnet und die Posturographie, mithilfe einer Bodenreaktionskraftmessplatte (vgl. Attermeyer et al., 1998; Böer, 2006; Wilke, 2000).

Ein weiteres gängiges Verfahren zur geräteunterstützten Balanceanalyse ist der S3-Körperstabilitätstest der Firma MFT Multifunktionale Trainingsgeräte GmbH, der

hinsichtlich der Reliabilität, die wissenschaftlichen Ansprüche eines Diagnosegerätes erfüllt (vgl. Tilscher et al., 2007). Es handelt sich um ein Testverfahren zur Bewertung der Körperstabilität im Stehen, zur Testung der sensomotorischen Regulationsfähigkeit und der funktionellen Bewegungssymmetrie. Laut MFT lässt sich ein individueller Koordinationswert feststellen, der Gesundheits- und Fitnessfaktor bestimmen und aufgrund der objektivierbaren Aussagen eine individuelle Trainingsempfehlung abgeben. In dieser Arbeit wurden Einflussgrößen auf das Messergebnis des MFT-S3 untersucht. Insbesondere wurde die Beeinträchtigung der Messergebnisse durch anthropometrische Faktoren und den Body-Mass-Index geprüft und mit anderen Studien verglichen, weil sie bei der Bestimmung der Normwerte für die Körperstabilität, die sensomotorische Regulationsfähigkeit und die funktionale Bewegungssymmetrie keine Berücksichtigung gefunden haben.

Anhand einer Literaturrecherche wurden auch andere Einflussfaktoren, wie z.B. der Messzeitpunkt, das Alter und der Trainingszustand herausgefiltert.

Andere Studien mit der Kistlerplatte (vgl. Popovic, 2000) zeigten eine höhere Körperstabilität bei seitlichen Bewegungen als in der Bewegungsebene vor/rück. Auch das Kriterium der Bewegungsrichtung wurde in dieser Studie untersucht.

Im Zuge von zwei Testreihen wurden mit dem MFT-S3 Daten erhoben und mit verschiedenen Parametern in Verbindung gesetzt.

Ziel der Studie war es herauszufinden, inwieweit verschiedene Einflussgrößen, die bei der Bestimmung der Normwerte nicht berücksichtigt wurden, das Messergebnis beeinflussen und somit die Aussagekraft des MFT-S3 als Körperstabilitätsmessgerät verringern. Die Studie soll anhand des MFT-S3 zeigen, wie schwer es ist, koordinative Leistungen zu erfassen, zu quantifizieren und welche Faktoren bei der Erstellung der Messergebnisse mit dem S3-Testgerät miteinbezogen werden sollten.

2 Theoretische Grundlagen

Im theoretischen Teil dieser Arbeit werden, im Hinblick auf das Messergebnis des MFT-S3 und die Erbringung der Gleichgewichtsleistung, relevante Themenbereiche dargestellt. Es wird darauf geachtet, den aktuellen Stand der Wissenschaft darzustellen und den Forschungsstand nicht einseitig zu bearbeiten.

Im Zusammenhang mit koordinativen Aspekten tauchen verschiedene Begriffe auf, deren Abgrenzung nicht immer einfach ist. Oft werden einzelne Begriffe wie Sensomotorik, Propriozeption, Gleichgewicht, posturale Kontrolle und Koordination als Synonyme verwendet, obwohl sie unterschiedliche Bedeutung haben. Dieses Kapitel soll einen Überblick über diese Begriffe und deren fachliche Trennung geben.

Die koordinativen Fähigkeiten werden mit dem Schwerpunkt auf die Gleichgewichtsfähigkeit betrachtet und anhand einer Literaturrecherche werden Faktoren beschrieben, die einen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit und die posturale Stabilität¹ haben und somit bei der Messung und der Diskussion der Ergebnisse mitberücksichtigt werden müssen.

Es gibt in diesem Teil auch einen Exkurs zu alternativen Testverfahren sensomotorischer Fähigkeiten, um deren Einflussfaktoren und Messablauf mit dem MFT-S3 Ergebnis vergleichen zu können. Dieser Teil der Arbeit soll auch die Schwierigkeiten bei Messungen und dem Analysieren von spezifischen Charakteristiken der Körperstabilität zeigen.

2.1 Koordination

2.1.1 Motorischer Handlungskomplex

Voraussetzung für das Agieren und Reagieren des Körpers auf und in seiner Umwelt ist die Fähigkeit des Organismus, seine Umgebung und sich selbst wahrzunehmen. Somit stellt das sensomotorische System eine Schnittstelle zwischen Mensch und Umwelt dar.

¹ Siehe Kap. 2.1.3

Das sensomotorische System ist ein Produkt aus Evolution, Fortschritt und Lernen. Es befindet sich in einem ständigen Optimierungsprozess, um die Handlungsfähigkeit zu verbessern (vgl. Todorov, 2004).

Mit Sensomotorik ist das Zusammenspiel zwischen Sinnesorganen und motorischen Leistungen gemeint (vgl. Mlinek, 2004).

Zum besseren Verständnis des Gesamtgefüges werden die wichtigsten Teilfunktionen des sensomotorischen Systems genannt, auf denen die koordinativen Fähigkeiten basieren (vgl. Weineck, 2002; Wilke, 2000):

- Informationsaufnahme und -aufbereitung durch die Sinnesorgane, wobei die Qualität dieses Vorgangs von den analysatorischen Fähigkeiten² des Menschen abhängig ist
- Antizipation und Programmierung des Bewegungsaktes unter Auswertung gespeicherter Bewegungserfahrungen und unter Benutzung bereits vorhandener Programme bzw. Programmelementen; die Schnelligkeit und Qualität des Vorgangs ist vom Bewegungsschatz des Menschen abhängig
- Innervation der benötigten Muskulatur über efferente motorische Nervenfasern (Bewegungsvollzug, neuromuskuläre Antwort)
- Ständige Rückinformation über den Bewegungsablauf durch gleichzeitigen Ist- und Sollvergleich mit dem Bewegungsziel (sensorische Rückkopplung, Reafferenzsynthese)
- Eventuelle bewegungslenkende Korrekturimpulse des zentralen Nervensystems an die Muskulatur

² Siehe Kap. 2.1.1.1

2.1.1.1 Analysatorische Fähigkeiten³

Für die motorische Koordination sind im Wesentlichen fünf Analysatoren oder Afferenzsysteme wichtig. Diese Analysatoren wirken eng zusammen, ergänzen sich und gleichen den Verlust an Informationsgehalt durch andere Quellen aus. Sie wirken sich entscheidend auf die Qualität der Koordinativen Fähigkeiten aus (vgl. Riemann 2002, Weineck, 2002).

- *Der kinästhetische Analysator:* Seine Rezeptoren befinden sich in allen Muskeln, Sehnen, Bändern und Gelenken. Sie geben Auskunft über die Stellung der Extremitäten und Gelenke, des Rumpfes und über einwirkende Kräfte. Diese Informationen bieten auch die Voraussetzung für die Feinabstimmung von Raum- und Zeitparametern. Die Komponenten der Propriozeption oder Tiefensensibilität sind Stellungs-, Bewegungs- und Kraftsinn.
- *Der taktile Analysator:* Diese Rezeptoren sind in der Haut lokalisiert und informieren über Form und Beschaffenheit der Oberfläche berührter Gegenstände.
- *Der statiko-dynamische Analysator:* Dieser Analysator befindet sich im Vestibularapparat des Innenohrs und informiert über Richtungs- und Beschleunigungsänderungen des Kopfes.
- *Der optische Analysator:* Diese Telerezeptoren geben Auskunft über Eigen- und Fremdbewegungen (zentrales und peripheres Sehen) und dienen als optische Führung der Bewegung.
- *Der akkustische Analysator:* Dieser spielt im allgemeinen eine eher untergeordnete Rolle (vgl. Weineck, 2002)

³ Analysatoren sind Teilsysteme der Sensorik, die Informationen auf der Grundlage von Signalen empfangen, umkodieren, weiterleiten und aufbereitet verarbeiten. Zu einem Analysator gehört ein spezifischer Rezeptor, afferente Nervenbahnen und sensorische Zentren in verschiedenen Hirnregionen (vgl. Weineck, 2002)

Weiters werden die Afferenzsysteme in Interorezeptoren und Exerorezeptoren unterteilt. Interorezeptoren nehmen mechanische Zustände im Inneren des Körpers auf, während Exerorezeptoren Informationen aus der Körperumwelt wahrnehmen (vgl. Granert, 2005).

2.1.2 Koordinative Fähigkeiten

Allgemein werden die koordinativen Fähigkeiten benötigt, um Situationen zu meistern, die ein schnelles, zielgerichtetes Handeln erfordern. Zusammen mit den konditionellen Fähigkeiten Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit sowie der Beweglichkeit tragen sie, als sogenannte motorische Fähigkeiten, zur sportlichen Leistung bei (vgl. Weineck, 2002; Böer, 2006).

„ Die Koordinativen Fähigkeiten - Synonym: Gewandheit – sind Fähigkeiten, die sich primär koordinativ, d.h. durch die Prozesse der Bewegungssteuerung und -regelung bestimmt werden (Hirtz 1981 , 348). Sie befähigen den Sportler, motorische Aktionen in vorhersehbaren (Stereotyp) und unvorhersehbaren (Anpassung) Situationen sicher zu beherrschen und sportliche Bewegungen relativ schnell zu erlernen (Frey 1977, 356).“
(Weineck, 2002, S.537)

Trotz ihrer Komplexität findet man in der Literatur eine Differenzierung der koordinativen Fähigkeiten in sieben Teilbereiche (vgl. Weineck, 2002): Kopplungsfähigkeit, Differenzierungsfähigkeit, Gleichgewichtsfähigkeit, Orientierungsfähigkeit, Rhythmisierungsfähigkeit, Reaktionsfähigkeit und Umstellungsfähigkeit.

Diese Einteilung wurde aus empirischen Erkenntnissen und experimentellen Befunden abgeleitet und wird in letzter Zeit immer mehr in Frage gestellt. Bisher liegt kein einheitliches, allgemeingültiges, wissenschaftliches Konzept vor (vgl. Weineck, 2002; Böer, 2006).

Für diese Arbeit ist eine Definition von Wilke (2000, S.7f) passend, die Koordination als „... die Fähigkeit des Einzelnen, schnelle und unbewusste Bewegungsänderungen ohne den Verlust der Gelenksstabilität oder Körperbalance schnell und zielgerichtet auszuführen“ bezeichnet.

Heute wird die Koordination in Feedback- und damit fehlerorientierten Regelkreismodellen dargestellt, die auch als Closed-loop-Theorien bezeichnet werden. Grundlage

ist, wie schon in Kapitel 2.1 erwähnt, der ständige Soll-Ist-Vergleich, wobei den cerebralen Integrationszentren Afferenzen aus allen Analysatoren zur Verfügung stehen (Granert, 2005).

Ein Konsens herrscht darüber, dass die Fähigkeit zur Balance und die Gleichgewichtskontrolle ein Teilgebiet der koordinativen Fähigkeiten ist.

2.1.2.1 Gleichgewichtsfähigkeit

Die Gleichgewichtsfähigkeit nimmt aufgrund ihrer Rolle bei der Messung mit dem MFT-S3 eine Sonderstellung ein. Weineck (2002, S.540) definiert sie wie folgt:

„Unter Gleichgewichtsfähigkeit verstehen Meinel/Schnabel (1987, 253) die Fähigkeit den gesamten Körper im Gleichgewichtszustand zu halten oder während und nach umfangreichen Körperverschiebungen diesen Zustand beizubehalten beziehungsweise wiederherzustellen.“

Die Gleichgewichtsfähigkeit tritt in den verschiedensten Erscheinungsformen auf.

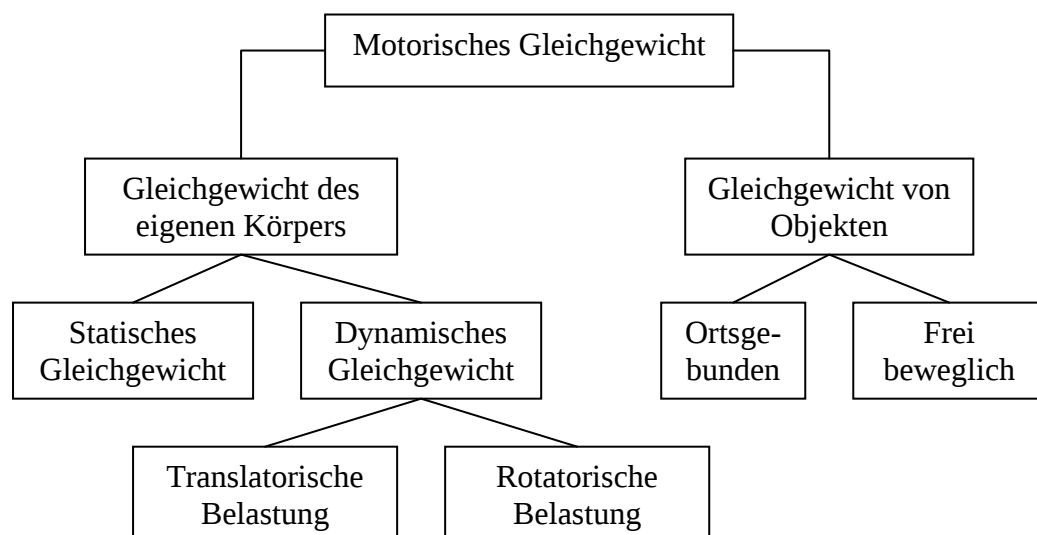


Abbildung 1: Arten des Gleichgewichts (vgl. Weineck, 2002, S. 542)

Man unterscheidet zwischen statischen und dynamischen Gleichgewicht. Das statische Gleichgewicht ist die Fähigkeit, das Gleichgewicht in relativer Ruhestellung zu halten, während das dynamische Gleichgewicht die Fähigkeit zeigt, nach umfangreichen und schnellen Lageveränderungen die Balance zu erhalten oder wiederherzustellen.

Neben der personenbezogenen Gleichgewichtsfähigkeit gibt es noch das Gleichgewicht von Objekten, das sich z.B. beim Ausbalancieren der MFT-Platte zeigt. Beim Versuch einer Messung fließen beispielsweise auch immer Anteile der kinästhetischen Differenzierungsfähigkeit⁴ mit ein.

Die Gleichgewichtsfähigkeit weist eine enge Beziehung zu anderen koordinativen Fähigkeiten auf, was eine strenge Trennung erschwert. Die koordinativen Fähigkeiten sind als komplexes Wirkungsgefüge zu verstehen. Die Komplexität, die Geschwindigkeit der Regulationsprozesse und fehlende direkte Zugänge bei der wissenschaftlichen Untersuchung des Gleichgewichts führen zu erheblichen Vereinfachungen (vgl. Böer, 2006).

Es zeigt sich, dass eine Interpretation eines Messergebnisses in Bezug auf den Leistungsfaktor Gleichgewicht, Schwierigkeiten aufweisen kann.

Als Maß für die Gleichgewichtsfähigkeit wird die Dauer der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtszustandes, das Tempo und die Qualität der Wiederherstellung angegeben. Zur Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit wird gefordert, die Gleichgewichtsbedingungen zu erschweren (vgl. Böer, 2006; Riemann, 2002).

2.1.3 Posturale Regulation im aufrechten Stand

Das *posturale System* bezeichnet die Gesamtheit aller Teilsysteme, die Aufgaben der Haltungsstabilität erfüllen. Der Ausdruck *posturale Reaktion* ist ein Sammelbegriff für alle sensomotorischen Aktivitäten, um die Balance und Haltungskontrolle aufrechtzuerhalten (vgl. Böer, 2006).

Für die Aufrechterhaltung des eigenen Gleichgewichts sind vier Funktionen von Bedeutung: die Informationsaufnahme, das Gedächtnis, die Programmierung und die Motivation.

⁴Die Differenzierungsfähigkeit ist die Fähigkeit zum Erreichen einer hohen Feinabstimmung einzelner Bewegungsphasen und Teilkörperbewegungen (vgl. Weineck 2002, S.540)

Posturale Stabilität kann nicht nur von verminderten afferenten Informationen gestört werden, sondern auch von der Fähigkeit, zentrale Auswahlstrategien zu verändern. Auch Defizite im motorischen System können zu Abnahme der afferenten Informationen führen (vgl. Riemann, 2002).

Das Afferenzsystem für Haltung und Gleichgewicht wird in ein peripheres und cerebrales unterteilt. Die zwei ausschlaggebenden cerebralen Zuflüsse kommen aus dem Kleinhirn und Motocortex.

Die periphere Informationsaufnahme geschieht über innere und äußere Analysatoren. Der innere Regelkreis umfasst die Wahrnehmung innerhalb des Körpers, wobei die Informationen durch vestibuläre und kinästhetische Rezeptoren aufgenommen werden. Die Aufnahme von Informationen aus der Umwelt erfolgt über taktile, akustische und optische Analysatoren und wird äußerer Regelkreis genannt.

Es kommt zu einer integrativen Verarbeitungsleistung aller Informationssysteme, so dass eine einzelne Funktion nicht ausschließlich einem System zugeordnet werden kann.

Da die Bewegungspläne in Zusammenarbeit mit dem limbischen System erstellt werden, können Emotionen und Motivationen Einfluss auf die Intensität des Bewegungsverhaltens nehmen (vgl. Böer, 2006; Weineck, 2002).

Die weiteren neurophysiologischen Vorgänge, die komplexe Verschaltungsmuster der Neuronen des Rückenmarks und Anteile des Gehirns betreffen, werden in dieser Arbeit nicht näher beschrieben.

2.1.3.1 Gewichtung der Inputsysteme

Die peripheren Inputsysteme (Vestibularsystem, visuelles System, propriozeptives System⁵) sind in unterschiedlichem Ausmaß an der Gleichgewichtsregulation beteiligt. Da die Forschung unterschiedliche Ergebnisse zum Einfluss der jeweiligen Inputsysteme auf die Standstabilität zeigt, deutet auf eine individuelle Komponente hin.

Granert (2005) weist in seiner Arbeit auf Untersuchungen von De Witt (1972) hin, die zeigen, dass ohne Vestibularorgan und Augenlicht, nicht aber ohne proprioceptive Afferenzen Haltung und Gleichgewicht bewahrt werden kann.

Er stellt auch fest, dass die Stärke der einzelnen Einflüsse offenbar trainierbar und somit individuell verschieden ist.

⁵ Propriozeption ist eine rein afferente Funktion, die auch Tiefensensibilität genannt wird und sich aus dem Stellungssinn, Bewegungssinn und Kraftsinn zusammensetzt (vgl. Wilke, 2000, S.5f)

Die Propriozeption im oberen Halsbereich spielt für die Raumorientierung und Gleichgewichtskontrolle eine ähnlich zentrale Rolle, wie die Afferenzen aus Sprunggelenken und Fußsohle. Sie liefert als einzige Informationen über die Stellung des Kopfes zum Rumpf (vgl. Granert, 2005).

Wilke und Froböse (1998) sind im Gegensatz zu Granert (2005), der De Witt (1972) zitierte, der Meinung, dass das vestibuläre System bei der aufrechten Bewegungen, wie es beim MFT-S3 Test der Fall ist, fast alle Afferenzen der anderen Systeme dominiert. Das geläufige propriozeptive Training wäre demnach nur eine Schulung des vestibulären Systems.

Norre (1995) spricht von einer kompensatorischen Dominanz, bei der die einzelnen afferenten Systeme bei Störungen von der Integration ausgeschlossen werden (vgl. Granert, 2005).

Der Einfluss der Afferenzen und ihre mentale Präsenz sind nicht ständig gleich, weil die Beeinflussung ganz unterschiedlichen Strukturen (diverse Rezeptoren, Rückenmark und höhere Ebenen des ZNS) und Einflussgrößen, wie körperliche Belastung und Konzentration, unterliegt (vgl. Granert 2005).

2.2 Einflussfaktoren auf die Gleichgewichtsfähigkeit und posturale Stabilität

Gleichgewichtsaspekte finden bei allen Körperhaltungen und Bewegungen ihre Berücksichtigung. Die Gleichgewichtskontrolle ist somit die Voraussetzung für alle koordinativen Bewegungen im Raum.

Für die Erstellung des individuellen Koordinationswertes mit dem MFT-S3 ist es von großer Bedeutung, welche Faktoren Einfluss auf die Messung von Gleichgewichtsaspekten haben.

2.2.1 Alter

Alterungsprozesse führen aufgrund der physiologischen Altersinvolution zu einer Verschlechterung der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung (vgl.

Weineck, 2002). Da die Qualität der Afferenzen dadurch beeinflusst wird, nimmt auch die Fähigkeit der posturalen Kontrolle mit dem Alter ab.

Beeinträchtigungen im Balanceverhalten sind ein weitläufig akzeptierter Risikofaktor für Stürze bei älteren Menschen (Tilscher et al., 2007, Bryant et al., 2005).

Zu unterschiedlichen Ergebnissen kam Kejonen et al. (2002). Es wurde die Verbindung von Körperbalancebewegungen im beidbeinigen Stand mit dem Alter untersucht. Ergebnisse der Studie bewiesen einen statistisch signifikanten Unterschied bei maximalen vor/rück Kopfbewegungen zwischen den Altersklassen. Es zeigte sich aber kein anderer signifikanter Unterschied zwischen Balancebewegungen von separaten Körperteilen in den Altersgruppen. Diese Studie lässt darauf schließen, dass gesunde Männer und Frauen in verschiedenen Altersgruppen, bei der Kontrolle ihrer festen Standposition, sehr ähnliche Ausgleichsbewegungen machen. Kejonen et al. (2002) stellen aber fest, dass die Balancekontrolle unter erschwerten Bedingungen gemessen werden muss, weil Unterschiede bei einfachen Beeinflussungen der Stabilität nicht eindeutig nachweisbar sind (vgl. Kejonen et al., 2002).

Bei der Bestimmung der Normwerte für den MFT-S3-Check zeigt sich, dass die Fähigkeit, den Körper auf einer instabilen Unterstützungsfläche zu balancieren, mit zunehmendem Alter nachlässt. Gründe dafür sind die alterbedingte Abnahme der sensomotorischen Leistungsfähigkeit und die Abnahme der motorischen Kraft. Ebenso tragen mangelnde Bewegungserfahrung und ungenügende Bewegungsreize, die sich im Laufe der Zeit immer stärker bemerkbar machen, zur Abnahme der Stabilität bei (vgl. Tilscher et al., 2007; Aigner et al., 2005; Kruis et al., 2006).

Diese Ergebnisse werden in einer Studie von Kruis et al. 2006 mit dem MFT-S3-Check untermauert. Die Ergebnisse zeigten, dass die Testergebnisse der Gruppe unter 30 Jahren besser waren, als die jener Testpersonen über 30 Jahren.

2.2.2 Sportmotorische Erfahrung

Der Bewegungsschatz bzw. die Bewegungserfahrung stellt einen wichtigen Faktor dar. Jede Bewegung wird immer auf Grundlage bereits erworbener Koordinationsverbindungen ausgeführt. Je größer der Bewegungsschatz an bedingtreflektorischen motorischen Verbindungen (erlernte Reflexe und Antwort-schemata) ist, desto mehr wird das ZNS entlastet und die Bewegung über zum Teil

automatisierte Ablaufmuster durchgeführt. Somit kann man in kürzester Zeit die effektivsten der notwendigen Bewegungsanteile auswählen (vgl. Weineck, 2002).

Laut Böer (2006), besteht eine deutlich positive Korrelation zwischen sportmotorischer Vorerfahrung und koordinativer Leistungsfähigkeit. Personen, die in ihrem Leben regelmäßig sportlich aktiv waren und über vielseitige Bewegungserfahrungen verfügen, schneiden bei Gleichgewichtstests besser ab als Personen, die wenig oder keinen Sport betrieben.

2.2.3 Physische Einflussfaktoren

Ohne die physischen Leistungsfaktoren Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer und Beweglichkeit und ihr Ineinandergreifen bei der Bewegungsausführung sind die koordinativen Fähigkeiten nicht denkbar. Sie beeinflussen in unterschiedlicher Gewichtung die koordinativen Fähigkeiten.

„Ein Mindestmaß an Kraft ist nötig, um eine gewandte Bewegung zu ermöglichen. Ein hohes Maß an Bewegungsschnelligkeit muß vorhanden sein, wenn die der Gewandtheit innewohnende Fähigkeit zur schnellen situativen Bewegungslösung realisiert werden soll. Schließlich ist auch die Ausdauer ein notwendiger Bestandteil der Gewandtheit, da eine frühzeitige psychophysische Ermüdung über zentralnervöse Steuermechanismen zu einer Abnahme der Bewegungsgenauigkeit führt.“

(Weineck, 2002, S.545)

Diese Definition zeigt, dass der Trainingszustand als wichtiger Faktor, bei der Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit, mitberücksichtigt werden muss. Böer (2006) macht deutlich, dass ältere Personen, die regelmäßig sportlich aktiv sind, bessere Koordinationsleistungen aufweisen als jüngere, die nicht regelmäßig Sport treiben. Er macht auf eine Studie von Nardone (1997) aufmerksam, die zeigt, dass Belastungen über der anaeroben Schwelle die Körperschwankungen bei Gleichgewichtsaufgaben deutlich verstärken.

Auch Grannert (2005) stellt fest, dass eine verminderte Effizienz der Afferenzen, hervorgerufen durch Muskelermüdung, die posturale Stabilität negativ beeinflusst.

Der Ermüdungszustand hat auch aufgrund seiner zunehmenden Hemmung zentralnervöser Strukturen, die für die motorische Steuerung verantwortlich sind, einen hohen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit (vgl. Böer, 2006; Grannert, 2005; Weineck, 2002).

Laut einer Studie von Angyan et al. (2007) weisen Rückenmuskulaturstärke, Ausdauerkapazität und ein niedriger BMI eine mittlere bis hohe Korrelation mit einer verbesserten posturalen Stabilität auf.

2.2.4 Anthropometrische Faktoren

Ziel einer Studie von Kejonen (2003) war herauszufinden, ob eine Verbindung zwischen anthropometrischen Faktoren und Körperbalancebewegungen im beidbeinigen Stand besteht.

Messverfahren für Körperbewegungen war das MacReflex Motion Capture System, welches alle Bewegungen in drei Dimensionen aufzeichnet. Anthropometrische Faktoren waren Körpergröße, Körpergewicht, Beinlängen, breitetster Abstand des Vorfußes und der Ferse und weitere Vermessungen der unteren Extremitäten.

Die Studie zeigte, dass Korrelationen zwischen anthropometrischen Faktoren und Ausgleichsbewegungen zur Erhaltung der Balance bestehen, die Werte aber sehr gering sind. Es scheint, als könnte kein einzelner anthropometrischer Faktor die Variationen der Körperbewegungen während des Standes auf zwei Beinen erklären.

Chiary et al. (2002) untersuchten ob lineare Verbindungen zwischen biomechanischen Faktoren und 50 Stabilitätsparameter aus der Literatur bestehen. Die biomechanischen Parameter waren Körpergröße, Gewicht, maximale Fußbreite und der Fußöffnungswinkel. Bei 50 gesunden jungen Erwachsenen wurde mit einer Kraftmessplatte der ruhige Stand aufgezeichnet, wobei die Fußstellung frei wählbar war. Nur 11 von 55 Stabilitätsparametern waren komplett immun gegen eine lineare Abhängigkeit dieser Variablen. Die anderen zeigten eine moderate bis hohe lineare Abhängigkeit.

Die Studie zeigte, dass man beim Quantifizieren der posturalen Beeinflussung durch Stabilitätsparameter vorsichtig sein muss.

Physikalische Gesetze verdeutlichen die Wichtigkeit von anthropometrischen Faktoren:

- Ein Körper befindet sich im Gleichgewicht, wenn der Schwerpunkt über der Unterstützungsfläche ist
- Je näher die Wirkungslinie der Schwerkraft am Zentrum der Unterstützungsfläche ist, desto stabiler steht der Körper.
- Je größer die Unterstützungsfläche, desto stabiler.

- Je tiefer der Schwerpunkt, desto stabiler die Position.
- Je schwerer der Körper, desto stabiler. Man kann die Stabilität geometrisch betrachten (über den Kippwinkel) oder energetisch (über die zu leistende Hubarbeit).

Zugriff am 5.09.08 unter <http://www.sport.uni-stuttgart.de/inspo/index.php?id=259>

Letztes update am 28.10.2005

2.2.5 BMI

Adipositas und ein erhöhter BMI können eine Reduktion der Balancefähigkeit hervorrufen und führen zu erhöhtem Sturzrisiko, besonders, wenn sie mit geringer Muskelmasse gepaart sind. Die Studie von Greve et al. (2007) zeigte eine positive Korrelation zwischen dem BMI und zunehmender posturaler Instabilität. Eine Zunahme von 20% Körpergewicht reduziert die Fähigkeit Ausgleichsbewegungen bei externen Störungen zu machen und erhöht die posturale Instabilität. Die Studie zeigte, dass Personen mit einem BMI > 30 deutlich kürzer die Balance halten konnten als normalgewichtige Personen. Auch in Studien von Kejonen et al. (2003) und Mc Graw et al. (2000) zeigte sich, dass ein hoher BMI den Suchprozess und die Auswahl der motorischen Strategien zur Erhaltung des posturalen Gleichgewichts beeinflusst.

Ziel der Studie von Greve et al. (2007) war es herauszufinden, ob sich die posturale Stabilität mit einer Zunahme des BMI ändert oder die Instabilität nur bei Personen mit einem BMI über 30 auftritt.

Erschwert wurde die Ergebnisfindung dadurch, dass der BMI keinen Parameter der Körperkompositionsevaluation darstellt. Es ist aber abzuleiten, dass eine Zunahme an Körpermasse sich auf das Gleichgewicht auswirkt.

Die Massenträgheit, hervorgerufen durch das Körpergewicht, und der Muskelaufwand, den Körper gegen die Schwerkraft im Gleichgewicht zu halten, sind wichtige Elemente, um die posturale Kontrolle zu erlangen (vgl. Greve et al., 2007; Maffiuletti et al., 2005).

Teasdale et al. (2007) zeigten in ihrer klinischen Studie, dass Gewichtsverlust bei stark übergewichtigen Menschen (BMI>32) mit der Verbesserung der posturalen Stabilität einhergeht und eine lineare Verbindung besteht. Das Ausmaß der Verbesserung der Balance Kontrolle korrelierte direkt mit der Größe der Gewichtsreduktion.

In der Studie von Greve et al. (2007) wurde ebenfalls deutlich, dass sich die antero/posteriore und die laterale Stabilität nicht unterscheiden und dieselbe Korrelation

zeigen. Demnach wären die Verlagerungen der Hüfte und der unteren Extremitäten (lateral) und die der Rumpfbewegungen (anterior/posterior) für die Instabilität bei erhöhtem BMI gleich verantwortlich.

2.2.6 Geschlecht

Über den Einfluss des Geschlechts auf die posturale Stabilität findet man in der Literatur gegensätzliche Ansätze. Kejonen et al. fanden (2002) keine signifikanten Unterschiede bei Balancebewegungen zwischen Männern und Frauen. In einer Studie von Bryant et al. (2005) ging man von der Statistik aus, dass bei älteren Personen die Verletzungen durch Stürze bei Frauen häufiger ausfallen als bei Männern. Man untersuchte, ob eine Korrelation zwischen Geschlecht und Balance besteht. Die Auslenkung des Center of Pressure (Körperdruckpunkt) in anterior/posterior und medial/lateral wurde mit einer Kraftmessplatte erfasst. Bei allen Balanceübungen fanden sich bei den Frauen geringere Auslenkungen. Nach der Normierung der Körpergröße konnten keine Unterschiede mehr zwischen den Geschlechtern festgestellt werden. Auch in einer Studie von Schlumberger et al. (1998) fanden sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede.

Wolfson et al. (1994) fanden heraus, dass ältere Frauen bei dynamischen und in gestressten Situationen (gleichzeitige Störung der visuellen und somatosensorischen Inputs oder Rückwärtsdestabilisierung) geringere posturale Kontrolle aufwiesen als ältere Männer. Da sich keine Geschlechtsunterschiede der Balance im ruhigen Stand zeigten, schlossen sie daraus, dass Frauen eine höhere Angst zu fallen und damit vor Verletzungen hatten und dadurch wahrscheinlich schlechtere Ergebnisse erzielten.

In einer Pilotstudie mit dem S3 Koordinationstestgerät von Kruis et al (2006) zeigte sich, dass Frauen bessere Ergebnisse im Bereich Stabilität und sensomotorische Regulationsfähigkeit in der links/rechts Testung hatten und Männer bei der vor/rück Testung.

2.2.7 Weitere Einflussfaktoren

Psychische Faktoren

Erhöhte Motivation kann über eine Steigerung von Wachheits- und Aufmerksamkeitsgrad eine Verbesserung der Leistungen in Gleichgewichtstests hervorrufen. Die komplexen Verschaltungen der Regelkreise der Gleichgewichtsreaktion führen zu dem Schluss, dass interne Faktoren wie Tagesform, Stimmung und Temperament einen Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit haben (vgl. Böer, 2006).

Äußere Faktoren

Faktoren wie, Lärm, Temperatur, visuelle und taktile Ablenkung können zu einer Störung der Afferenzen führen und damit das Gleichgewicht beeinflussen (vgl. Böer 2006, Weineck 2002).

Tageszeit

Physiologische und neurologische Funktionen in Menschen sind durch tägliche Verhaltensmuster beeinflusst, die einem 24-Stundenrhythmus folgen. Während der 24 Stundenperiode schwanken kognitive und metabolische Prozesse, die einen Einfluss auf mentale und physische Aktivitäten haben. Über diesen Zeitraum existieren optimale Zeitspannen für verschiedene menschliche Funktionen. Viele Variablen, wie physische Aktivitäten, kognitive Aktivitäten, Reaktionszeit, Kraft, Körpertemperatur und Herzfrequenz erreichen am frühen Nachmittag ihr Optimum.

Einige dieser Faktoren könnten die posturale Kontrolle beeinflussen und Tageszeit bedingte Schwankungen hervorrufen (Gribble et al., 2007).

Gribble et al. (2007) verwiesen auf Schlesinger et al. (1998) und Uimonen et al. (1994), die feststellten, dass bei Menschen mit Schlafstörungen die posturale Kontrolle am Morgen beeinträchtigt war, besonders, wenn die Gleichgewichtsaufgaben komplex waren und hohe Aufmerksamkeit erforderten.

Gribble et al. (2007) kamen in ihrer Studie an gesunden Menschen ohne Schlafstörungen zu dem Ergebnis, dass der Einfluss der Tageszeit auf die statische Posturalkontrolle⁶ nicht konsistent ist, obwohl es schien, als ob der Morgen die beste Zeit für Messungen sei. Bei der dynamischen posturalen Kontrolle, mit dem Ziel in einer stabilen Haltung zu verweilen, während man eine Bewegungsaufgabe erfüllt, ergab sich eine signifikante Beeinflussung durch tägliche Verhaltensmuster. Der Morgen stellte sich als die beste Zeit heraus, um die dynamische posturale Kontrolle zu messen.

2.3 Messtechniken zur Balanceanalyse

Die komplexen Interaktionen und Beziehungen zwischen den individuellen Komponenten des sensomotorischen Systems machen Messungen und das Analysieren von spezifischen Charakteristiken schwierig.

Für eine Messung muss man motorische Aktionen auswählen und quantifizieren, die repräsentativ für propriozeptive und neuromuskuläre Vorgänge und standardisierbar sind. Normalerweise wird bei der Bemessung die Aufgabe gestellt, den Körper im Gleichgewicht zu halten oder nach einer Aufgabe ins Gleichgewicht zu bringen. Messungen der Fähigkeit den Körper im Gleichgewicht zu halten, werden im ruhigen Stand gemacht oder nach Störeffekten der Unterstützungsplattform. Die Größe und Form der Unterstützungsplattform variiert (vgl. Riemann et al., 2002).

Als Maß für die Gleichgewichtsfähigkeit wird die Dauer der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtszustandes, das Tempo und die Qualität der Wiederherstellung angegeben. Zur Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit wird gefordert, die Gleichgewichtsbedingungen zu erschweren (vgl. Böer, 2006).

Um die Wichtigkeit einzelner Analysatoren separat zu testen, muss man den Informationsfluss der anderen Quellen bestmöglich ausschalten. Man glaubt, den propriozeptiven Input vermindern zu können, indem man instabile, nachgebende oder sich bewegende Oberflächen verwendet, weil ein Großteil der Informationen durch den Kontakt der Füße zur Unterstützungsplattform entsteht. Methoden um die Informationen der Mechanorezeptoren zu unterbinden sind Vibration und Unterkühlung. Vestibuläre Inputs kann man durch das Kippen des Kopfes oder Elektrostimulation und visuelle

⁶ Statische posturale Kontrollmessungen haben das Ziel den Körper in einer stabilen Position zu halten

Informationen durch das Schließen der Augen verringern (vgl. Riemann, 2002; Grannert, 2005).

Es wird bei Messungen zwischen klinischen und instrumentalen Methoden unterschieden. In einer Studie von Ringsberg et al. (1999) stellte sich heraus, dass keine signifikante Beziehung zwischen computerunterstützten Messplattformen und einfachen Balancetests existierte. Klinische Messungen laufen ohne hochentwickeltes Equipment ab.

Da sich keine anderen Studien zu diesem Thema fanden, kann man nicht davon ausgehen, dass dieses Ergebnis auf alle Messgeräte und Messtechniken zutrifft.

In dieser Arbeit wird mit dem MFT-S3 eine instrumentelle Messmethode behandelt, weshalb auf klinische Methoden nicht näher eingegangen wird.

Ziel solcher Messungen ist es, motorische Aktionen, die für das Gleichgewicht und die posturale Kontrolle repräsentativ sind, auszuwählen und zu quantifizieren, um daraus objektive und reliable Messergebnisse herauszufiltern.

Weil verschiedene Bewegungen unterschiedliche Perzeptions- und Integrationsfähigkeiten sensorischer Reize darstellen, gibt es nicht *das Messverfahren* zur Beurteilung der posturalen Stabilität.

Instrumentelle Messungen werden üblicherweise über Sensoren aufgezeichnet, die mit der Unterstützungsplattform in Verbindung stehen, wobei in den meisten Fällen Kraftmessplatten verwendet werden. Zusätzlich können kinematische Methoden verwendet werden, um die Bewegungsarten, die in jedem Segment der Extremitäten auftreten, zu bestimmen. Durch EMG-Messungen können Charakteristiken von Muskelaktivitäten bei posturalen Störungen aufgezeichnet werden.

Kraftmessplatten sind abhängig von Veränderungen des Druckzentrums und von der Kraft, die gegen die Unterstützungsplattform ausgeübt wird. Darum ist es möglich, dass sie Veränderungen, die bei proximalen Segmenten der Extremitäten auftreten, nicht erkennen.

Die meisten Messungen der posturalen Stabilität werden unter statischen Bedingungen gemacht und Bryan et al. (2005) stellten fest, dass weitere Messungen während dynamischen und funktionalen Aktivitäten notwendig sind.

Folgend werden mit der Stabiliometrie/Posturographie und den Messapparaturen auf instabilen Ebenen zwei Möglichkeiten beschrieben, die mit dem MFT-S3 in Verbindung gebracht werden können und in den meisten, für diese Arbeit relevanten, Studien zur Feststellung des posturalen Gleichgewichts verwendet wurden.

2.3.1 Stabiliometrie/ Posturographie

Die Erfassung und die Quantifizierung der posturalen Stabilität erfolgt in der Stabiliometrie auf stabilen Unterlagen, wobei in der Regel Bodenreaktionskraftmessplatten verwendet werden. Aus Bodenreaktionskräften errechnete Parameter sind z. B. Schwankungen des Center of Pressure (COP; postural sway), der Rückschlüsse auf die Bewegungen des Körperdruckpunktes zulässt und als Grundlage für das Messergebnis dient (vgl. Böer, 2006; Wilke, 2000; Popovic et al., 2000).

Neben Bodenreaktionskraftmessplatten werden zur Überprüfung der statischen und dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit posturographische Testgeräte eingesetzt, bei denen es sich in erster Linie um Kraftmessplatten, die mit einer Computersoftware verbunden sind, handelt. Es befinden sich piezoelektrische Bauteile in den Fußplatten, über die der Druckmittelpunkt des Körpers erfasst wird.

Die Posturographie bezeichnet die Beschreibung der Haltung und setzt sich mit den Mechanismen der Haltungs- und Gleichgewichtssicherung im aufrechten Stand auseinander (vgl. Böer, 2006; Wilke, 2000).

Mit der Posturographie können die Gleichgewichts- und Haltungskontrolle objektiv überprüft werden. Sie stellt ein hochgenaues, untersucherunabhängiges und standardisiertes diagnostisches Verfahren zur Kontrolle der Koordinationsfähigkeit dar (vgl. Granert, 2005).

Derzeit häufig benutzte Geräte sind der von Nashner entwickelte Balance Master, die Fußplatten der Firmen Tönnies und Kistler sowie das Multi Plate Tetrax- System nach Kohen-Rax.

Die Firma NeuroCom hat die *BalanceMaster-Systeme* (Smart EquiTest, Smart Balance Master) entwickelt, welche auch in einigen Studien, die in dieser Arbeit verwendet wurden, ihre Anwendung fanden. Die *BalanceMaster-Systeme* bestehen aus zwei Kraftmessplatten, die festgestellt oder in anterior-posteriorer Richtung gekippt werden können. Die Platten sind in ein Gestell zur Sturzsicherung integriert. Die Software umfasst standardisierte Testbatterien, die über das gezielte Ausschalten oder die Irritation von Analysatoren zur posturalen Kontrolle, spezifische sensorische oder motorische Beeinträchtigungen identifizieren kann. NeuroCom hat mit dem BalanceMaster die

Möglichkeit zur computerunterstützten dynamischen Posturographie und kann durch diese Messtechnik die verschiedenen Teilsystemen des komplexen Balancesystems quantifizieren und differenzieren.

Als Messergebnis liefern die *BalanceMaster-Systeme* einige standardisierte Messprotokolle wie den Adaptation Test (ADT), Limits of Stability (LOS), modified Sensory Organisation Test (mSOT), Weight bearing Squat (WBS).

ADT liefert Messergebnisse der Beeinträchtigungen des automatischen motorischen Systems, sprich des Reflexsystems. LOS ist die Messung des willkürlichen motorischen Systems. Es werden die Beeinträchtigungen der Fähigkeit, den Körper im Gleichgewicht zu halten, obwohl der Körperschwerpunkt absichtlich an die Grenzen der Stabilität versetzt wird, gemessen. Der mSOT isoliert und quantifiziert die Beeinträchtigungen und den Informationsgehalt aller Analysatoren des Patienten, also des propriozeptiven, vestibulären und des visuellen Systems. Der WBS quantifiziert die Fähigkeit des Patienten, Hockstellungen mit einem Kniewinkel von 0°, 30°, 60° und 90° einzunehmen und das Gewicht auf beiden Beinen gleichmäßig zu verteilen.

Im Wesentlichen stehen Tests zur statischen und dynamischen Balance und zur Überprüfung von Alltagsbewegungen zur Verfügung (vgl. <http://resourcesonbalance.com/neurocom/products/ncmproductbrochure.pdf>; Böer, 2006).

2.3.2 Messgeräte auf instabilen Ebenen

Bei der Messung der Stabilisierungs- und Gleichgewichtsfähigkeiten der unteren Extremitäten kommen Messapparaturen Testgeräte mit ein- und dreidimensional beweglichen Untergründen zum Einsatz. Solche Testsysteme, zu denen auch das MFT-S3 zählt, sollen alltags- und funktionsorientiert sein. Diese Messgeräte nehmen eine Bewertung von Sensomotorischen-, Stabilitäts- und Gleichgewichtsleistungen durch produktspezifische Balance Indexe oder ähnlichen Ergebnissen vor.

Das Posturomed ist laut Herstellerfirma ein Therapie- und Trainingsgerät für propriozeptives Training. In einigen Studien wurde es zu einem Messgerät umfunktioniert (vgl. Wilke, 2002; Gruber et al. 2003; Böer, 2006).

Das Posturomed besteht aus einer 60x60 cm große, mit Kunststoff beschichteten, Platte, die an vier Bioswing- Schwingelementen aufgehängt ist und an dessen drei Seiten sich ein

Geländer zur Sicherung befindet. An der Unterseite wurde das Gerät mit einem berührungslosen induktiven Wegaufnahmesystem kombiniert. So können Bewegungen der in der Horizontalebene schwingenden Platte in zwei zueinander senkrechten Richtungen (x, y) mit jeweils 100 Hz zeitlicher und 0.1mm örtlicher Auflösung aufgezeichnet werden. Die zugehörige Software zur Messdatenermittlung liefert als Ergebnis den zurückgelegten Gesamtweg, sowie den Weg in den beiden zueinander senkrecht stehenden Bewegungsrichtungen x und y, die Streuung, das Mittel der Abstände und den maximalen Abstand (vgl. Böer, 2006)..

An einer Seite des Gerätes wurde ein mechanischer Auslenkmechanismus angebracht, der die Platte in seitlicher Richtung 1.0 cm außerhalb der Gleichgewichtslage arretieren kann. Nach Lösen dieser Arretierung schwingt die Platte wieder in die Ruhelage zurück und somit kann man Störungen des Standes simulieren (vgl. Böer, 2006).

Raschner (2008) beruft sich auf Böer (2006), der mit diesem System einen Reliabilitätskoeffizienten von 0,97 und eine ausreichende Objektivität feststellen konnte.

Attermeyer et al. (1998) entwickelten ein Messgerät für den quasistatischen Gleichgewichtssinn und verglichen die Messergebnisse mit der Kistlerplatte. Die konstruierte Messanlage funktionierte wie eine Wippe, deren Achse sich unter der Standfläche, die 5,6° drehbar war, befindet. Die Schwankungen werden durch zwei lineare Positionssensoren registriert, die sich jeweils unter dem Rand der Messanlage befinden. Durch die Positionssensoren wurde die Auslenkung der Grundfläche zur Horizontalen gemessen und mithilfe des Körpergewichts normiert.

Bei dem Vergleich mit der Kistlerplatte fanden sich bei den meisten Merkmalen relativ niedrige Korrelationen. Der Grund könnte in den unterschiedlichen Anforderungen der Messanlagen liegen. Bei der konstruierten Messanlage befindet sich die Testperson im labilen Gleichgewicht, ähnlich dem MFT-S3, während sich die Testperson auf der Kistlerplatte in einem indifferenten Gleichgewicht befindet.

Dieses Beispiel von Attermeyer et al. (1998) macht deutlich, dass es schwierig ist, die Messergebnisse unterschiedlicher Testinstrumente zu vergleichen, weil sie unterschiedliche, produktbezogene Balance-Indexes bilden und die Anforderungen an das Gleichgewicht auseinanderdriften.

3 Hypothesenbildung

3.1 Fragen und Ziele

Laut MFT lässt sich mit dem MFT-S3 Messgerät ein individueller Koordinationswert feststellen, der Gesundheits- und Fitnessfaktor bestimmen und aufgrund der objektivierbaren Aussagen eine individuelle Trainingsempfehlung abgeben.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, mögliche Einflussfaktoren auf das Messergebnis des MFT-S3 Körperstabilitätstest herauszufiltern und zu charakterisieren. Insbesondere wird der Einfluss von anthropometrischen Faktoren, sowie des Body-Mass-Index auf den Balanceindex untersucht.

Aus der Literaturrecherche in Kapitel 2.2 haben sich folgende Fragen ergeben, aus denen Hypothesen gebildet und bearbeitet werden.

- Wird das Messergebnis des MFT-S3 und damit das Balanceverhalten durch das Lebensalter beeinflusst? Haben ältere Personen schlechtere Körperstabilitätswerte als jüngere Menschen?
- Kristallisieren sich bei dem Messergebnis geschlechtsspezifische Unterschiede heraus?
- Beeinflusst die Körpergröße das Messergebnis? Gibt es Unterschiede im Balanceverhalten von großen und kleinen Testpersonen?
- Bestehen Korrelationen zwischen dem BMI und dem Messergebnis? Weisen Personen mit niedrigerem BMI ein anderes Balanceverhalten auf als Personen mit höherem BMI?
- Gibt es einen optimalen Zeitpunkt für den MFT-S3 Test?
- Wirkt sich ein schlechter Trainingszustand auf das Messergebnis aus? Zeigen Personen, die keinen Sport betreiben, andere Stabilitätswerte als aktive Personen?
- Wird das Messergebnis durch frühere Verletzungen und Beeinträchtigungen des Bewegungsapparates beeinflusst?
- Unterscheidet sich das Balanceverhalten in medial/lateraler Richtung von dem Verhalten in anterior/posteriorer Richtung?

3.2 Hypothesenbildungen

Die aufgestellten Hypothesen werden zunächst auf die entsprechende Nullhypothese hin geprüft, wobei Unterschieds- sowie auch Zusammenhangshypothesen ausformuliert werden.

Alter:

H0: Das Alter hat keinen Einfluss auf das S3 Testergebnis und es besteht kein signifikanter Zusammenhang.

H1: Bei Messungen mit dem MFT-S3 spielt das Lebensalter eine Rolle und beeinflusst das Ergebnis. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem MFT-S3-Testergebnis.

H0: Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Testergebnissen von Personen unter 40 und Personen über 40 Jahren Lebensalter.

H1: Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Testergebnissen von Personen unter 40 und Personen über 40 Jahren Lebensalter.

Geschlecht:

H0: Es besteht kein Unterschied in den Testergebnissen von Männern und Frauen.

H1: Für das Messergebnis ist das Geschlecht der Testpersonen von Bedeutung. Die Messergebnisse von Männern und Frauen unterscheiden sich signifikant voneinander.

Körpergröße:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körpergröße und den Messwertergebnissen.

H1: Die Körpergröße ist ein ausschlaggebender Faktor bei der Ermittlung des individuellen Koordinationswertes. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körpergröße und den Messwerten.

H0: Die Messergebnisse von männlichen Testpersonen mit einer Körpergröße über 178cm unterscheiden sich nicht signifikant von den Ergebnissen kleinerer Personen.

H1: Die Messergebnisse von männlichen Testpersonen mit einer Körpergröße über 178cm unterscheiden sich signifikant von den Ergebnissen kleinerer Personen.

BMI:

H0: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Body-Mass-Index und dem Testergebnis des MFT-S3.

H1: Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Body-Mass-Index und dem Testergebnis des MFT-S3.

H0: Die Messergebnisse von Personen mit erhöhtem BMI (>25) unterscheiden sich nicht signifikant von denen mit normalem oder niedrigem BMI (<25).

H1: Die Messergebnisse von Personen mit erhöhtem BMI (>25) unterscheiden sich signifikant von denen mit normalem oder niedrigem BMI (<25).

Testzeitpunkt:

H0: Die Messergebnisse der Testpersonen, die am frühen Vormittag getestet wurden, unterscheiden sich nicht signifikant von jenen, die am Nachmittag getestet wurden.

H1: Der Testzeitpunkt steht in Zusammenhang mit dem Testergebnis und beeinflusst es.

Die Messergebnisse der Testpersonen am Vormittag unterscheiden sich von denen am Nachmittag signifikant.

Training:

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied in den Testergebnissen von sportlich aktiven Personen und Personen, die keinen Sport ausüben.

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied in den Testergebnissen von sportlich aktiven Personen und Personen, die keinen Sport ausüben.

Verletzungen des Bewegungsapparates:

H0: Die Messergebnisse von Personen, die schon eine schwerwiegende Verletzung hatten oder an Verschleißerscheinungen leiden, unterscheiden sich nicht signifikant von den Ergebnissen gesunder Personen.

H1: Frühere Verletzungen und Beeinträchtigungen des Bewegungsapparates beeinflussen das Messergebnis. Die Messergebnisse von Personen, die schon eine schwerwiegende Verletzung hatten oder an Verschleißerscheinungen leiden, unterscheiden sich signifikant von den Ergebnissen gesunder Personen.

Bewegungsrichtung:

H0: Das Balanceverhalten und damit die Messergebnisse in medial/lateraler Richtung unterscheiden sich nicht signifikant von dem Ergebnis in anterior/posteriorer Richtung.

H1: Das Balanceverhalten und damit die Messergebnisse in medial/lateraler Richtung unterscheiden sich signifikant von dem Ergebnis in anterior/posteriorer Richtung.

H0: Das Balanceverhalten bei der links/rechts Testung und der vor/rück Testung unterscheidet sich nicht signifikant zwischen Männern und Frauen.

H1: Das Balanceverhalten bei der links/rechts Testung und der vor/rück Testung unterscheidet sich signifikant zwischen Männern und Frauen.

4 Methoden und Probanden

4.1 Untersuchungsdesign

In der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine Studie, deren Stichprobe sich aus Arbeitern zweier Firmen aus Berndorf und Mürzzuschlag zusammensetzt. Bei den Firmen handelt es sich um die Berndorf-Band GmbH und die Böhler Bleche GmbH & Co KG. Die Probanden kommen aus allen Abteilungen der Firmen und es wurde bei der Auswertung keine Rücksicht darauf genommen.

Im Rahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagements mit dem Sport und Gesundheitszentrum (SGZ) Aspang kam es zur Austestung der Probanden mit dem MFT-S3-Koordinationsanalysegerät. Als Testorte wurden von den jeweiligen Firmen nach Absprache gleichbleibende Räumlichkeiten zur Verfügung gestellt.

Die Messergebnisse wurden aus der MFT-S3 Software in eine Excel-Datenbank eingegeben und gemeinsam mit den weiteren aufgenommen Daten gespeichert.

Es fanden folgende zwei Testreihen statt.

Erste Testreihe:

Firma: Berndorf Band GmbH

Ort: Leobersdorfer Strasse 26
A- 2560 Berndorf

Datum: 5.11.07- 10.11.07

Getestete Personen: 106

Verwendbare Daten: 96

Zweite Testreihe:

Firma: Böhler Bleche GmbH & Co KG

Ort: Bleckmannngasse 10
A-8680 Mürtzschlag

Datum: 21.04.08- 25.04.08
28.04.08- 30.04.08
05.05.08- 07.05.08

Getestete Personen: 196

Verwendbare Daten: 161

Insgesamt verwendbare Datensätze: 257 (M=217; W=40)

Neben dem MFT-S3-Ergebnis wurden weitere Parameter, die für die Überprüfung der Hypothesen von Bedeutung sind, vermerkt.

Diese Parameter sind Messzeitpunkt, Alter, Größe, Gewicht, BMI, Abteilung und MFT-Erfahrung.

Bei 64 Probanden der Firma Böhler wurden Daten über Verletzungen am passiven und aktiven Bewegungsapparat, besonders der unteren Extremitäten und über die sportliche Aktivität zusätzlich aufgenommen. Als sportlich aktiv wurden jene Personen bezeichnet, die mindestens an zwei bis drei Tagen/Woche mit einem Gesamtumfang von fünf Stunden einen Sport (Kraft-, Konditions-, Gesundheitssport, Sportsportarten, ..) ausführen.

Die nicht verwendbaren Datensätze sind darauf zurückzuführen, dass einzelne Parameter in der Aufzeichnung fehlten, die Person verletzungsbedingt den Test nicht durchführen konnte, Schwindelgefühle auftraten oder die Person sich weigerte an der Austestung teilzunehmen.

4.2 Probanden

Wie in Kapitel 4.1 ersichtlich handelt es sich in dieser Studie um 257 verwendbare Datensätze. Insgesamt wurden 302 Personen getestet, wobei 45 Personen von der Auswertung ausgeschlossen werden mussten (siehe Kap. 4.1).

Das Durchschnittsalter der Gesamtgruppe lag bei rund 41 Jahren (siehe Tab. 3). Die jüngste Testperson zählte 16 und die älteste 64 Jahre. Auch der BMI zeigte große Unterschiede von 16,92 kg/m² bis 44,3 kg/m², obwohl die Standardabweichung vom Mittelwert 25,8 mit 3,7 niedrig war. Größe und Gewicht zeigten bei den Minimal- und Maximalwerten große Differenzen. Ein Vergleich der deskriptiven Statistiken der beiden Testreihen (Tab.1; Tab.2) macht deutlich, dass sie vergleichbar sind und die Werte der beiden Gruppen sich im Hinblick auf Standardabweichung und Mittelwert nicht grundlegend unterscheiden.

Tabelle 1: Biometrische Daten der Probanden der Berndorf Band GmbH

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Alter	96	21,77	57,89	41,2888	9,62614
BMI	96	16,92	32,81	25,1961	3,18560
Größe/cm	96	158	187	174,43	7,362
Gewicht/kg	96	53	105	76,83	11,732
Gültige Werte	96				

Tabelle 2: Biometrische Daten der Probanden der Böhler Bleche GmbH

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Alter	159	16,27	64,58	40,7093	10,97613
BMI	161	17,67	44,32	26,3011	3,95869
Größe/cm	161	157	196	176,78	7,382
Gewicht/kg	161	48	142	82,35	14,195
Gültige Werte	159				

Tabelle 3: Biometrische Daten der gesamten Probanden

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Alter (Jahre)	255	16,27	64,58	40,9275	10,47271
BMI (kg/m ²)	257	16,92	44,32	25,8883	3,72119
Größe/cm	257	157	196	175,90	7,448
Gewicht/kg	257	48	142	80,29	13,571
Gültige Werte	255				

4.3 Messgerät-MFT-S3

4.3.1 S3-Testsystem

Der S3 Körperstabilitätstest oder kurz S3 Check ist ein Testverfahren zur funktionalen Bewertung der Körperstabilität im Stehen und zur Testung der sensomotorischen Regulationsfähigkeit. Abbildung 2 zeigt den Testaufbau eines S3-Checks.



Abbildung 2: Testaufbau eines S3-Checks (Tilscher et al., 2007, S. 3).

Das Testsystem besteht aus einer einachsig instabilen Standplatte mit integriertem sensorgesteuerten Messwertaufnehmer und der dazugehörigen Software. Die Softwareprogrammierung mitsamt integrierter Datenbank erfolgt über die Fa. BIT soft.

Die Standfläche des Gerätes misst 530 mm, ist durch eine horizontale Achse mit der Bodenplatte verbunden und in beide Seiten 12° kippbar. Ein konstanter Neigungswiderstand ist durch einen Elastomer gewährleistet. Die Ausgleichsbewegungen der Testperson rufen ein Kippen der Standplatte hervor, das mithilfe des Neigungssensors, der auf der Unterseite der Platte montiert ist, erfasst wird. Der Neigungssensor, mit einer Abtastrate von 100Hz, einer Messgenauigkeit von 0,5° und einem Messbereich von 20°, erfasst die Abweichungen, die von der Messsoftware aufgezeichnet und ausgewertet werden. Muss die Testperson Kippbewegungen in der Sagalebene ausgleichen, spricht man von vor/rück Messungen, wenn sie auf Bewegungen in der Frontalebene reagiert, nennt man dies links/rechts Messung. Der MFT S3 Check erfüllt, die Reliabilität betreffend, in allen Belangen den wissenschaftlichen Anspruch eines Diagnosegerätes (vgl. Tilscher et al. 2007, Raschner et al. 2008).

4.3.2 Erhobene Messwerte

Das Testsystem zeichnet die Bewegungen der Standfläche auf und errechnet aus deren Anzahl und Größe den *Sensomotorikindex*. Bewegungsabweichungen von der Plattenmitte fließen in den *Symmetrieindex* ein und aus beiden Faktoren ergibt sich der *Stabilitätsindex*. Dieser

Stabilitätsindex gibt Auskunft über die komplexe sensomotorische Leistungsfähigkeit der Testperson, ihre Körperhaltung zu kontrollieren und den Körper während der Bewegungsaufgabe stabil zu halten.

Die Messwerte für Sensomotorik und Stabilitätsindex bewegen sich auf einer neunteiligen Skala mit dem Minimalwert 1= sehr gut und dem Maximalwert 9 = sehr schwach. Die Bewertung der Symmetrie erfolgt in drei Kategorien: 40:60 bis 50:50 % Bewegungssymmetrie bedeuten keine Bevorzugung, 25:75 bis 39:61 % eine geringfügige Bevorzugung und Werte unter 24: 76 % eine deutliche Bevorzugung für eine Bewegungsseite. Abbildung 3 zeigt die graphische Umsetzung des Messergebnisses, verglichen mit den Referenzwerten aus Kap. 4.3.3.

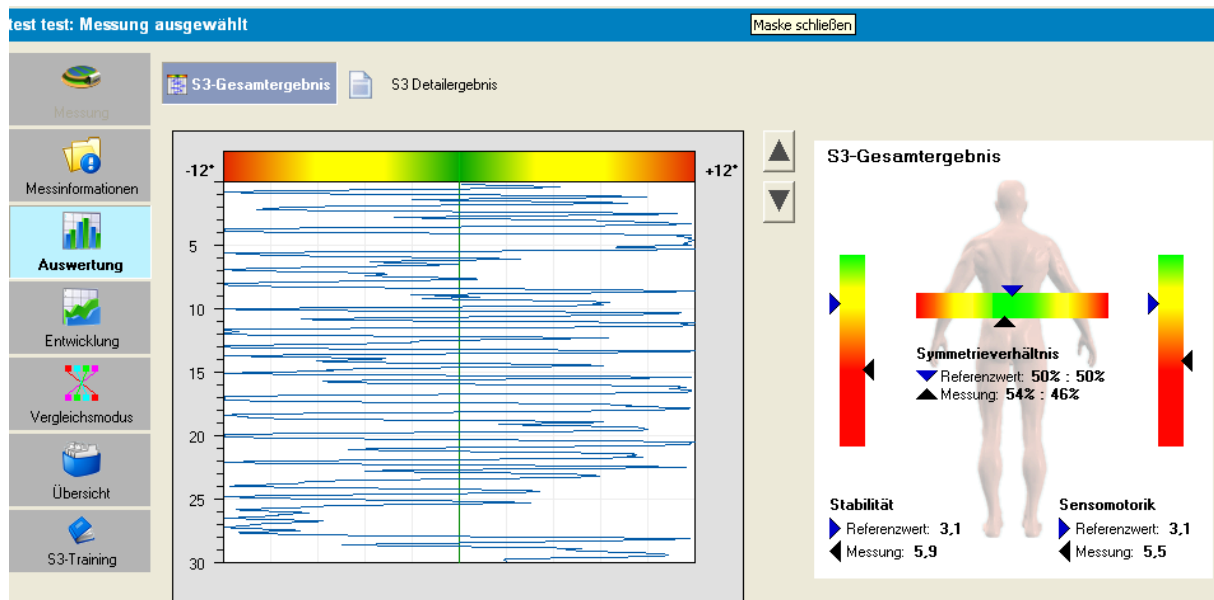


Abbildung 3: Graphische Umsetzung der Messwerte mit dem S3 (Tilscher et al., 2007, S. 5).

Für jeden einzelnen Index gibt es ein Ampeldiagramm, das den Referenzwert (Normwert, Idealwert) mit einem außen liegenden Pfeil markiert. Der Messwert der Testperson wird von einem innen liegenden schwarzen Pfeil abgelesen. Die Testperson kann ihr Ergebnis mit dem Referenzwert vergleichen und auch anhand der Ampelfarbe erkennen, wie gut ihr Ergebnis ist.

Als weitere Information wird das Testergebnis prozentual mit dem entsprechenden Referenzwert verglichen (vgl. Tilscher et al. 2007).

4.3.3 Normwerte für den S3 Check

Bei der Bestimmung von allgemeingültigen Normwerten für die Körperstabilität, die sensomotorische Regulationsfähigkeit und die funktionale Bewegungssymmetrie wurden 2005 zwischen September und Dezember 3737 Männer und 3616 Frauen im Alter zwischen 7 und 80 Jahren aus Österreich, Schweiz und Deutschland getestet. Die Probandenanzahl in den jeweiligen Altersgruppen wurde von Statistik Austria vorgegeben. Bei der Auswahl der Probanden wurde auf die Ausgeglichenheit zwischen Land- und Stadtbevölkerung geachtet, weil Studien den Einfluss von sozialen Bedingungen auf die Gleichgewichtsfähigkeit zeigen (vgl. Raschner et al. 2008).

Diese Messdaten wurden als Referenzwerte in das Messprogramm des S3 Checks implementiert. Durch diese Referenzdaten kam es zur Einordnung der Testergebnisse in Bewertungsklassen. Diese gestatten interindividuelle Vergleiche zwischen Mädchen und Knaben, Frauen und Männern aller Altersklassen.

Leistungssportler sowie Personen mit Erfahrung im Training auf instabilen Unterlagen wurden von den Testungen ausgeschlossen. Die Testdurchführung erfolgte unter standardisierten Bedingungen, welche ein einheitliches Aufwärmprogramm, einen Probeversuch, eine Testung ohne Schuhe und eine frei wählbare Armposition inkludierte. Die Standardtestung dauerte zwei mal 30s mit einer dazwischen liegenden Pause von 30s, während die Messsoftware den besseren Versuch für die Auswertung auswählt (vgl. Tilscher et al. 2007; Aigner et al. 2005; Raschner et al. 2008).

Die Messwerte bilden die Grundlage für die Indexwerte.

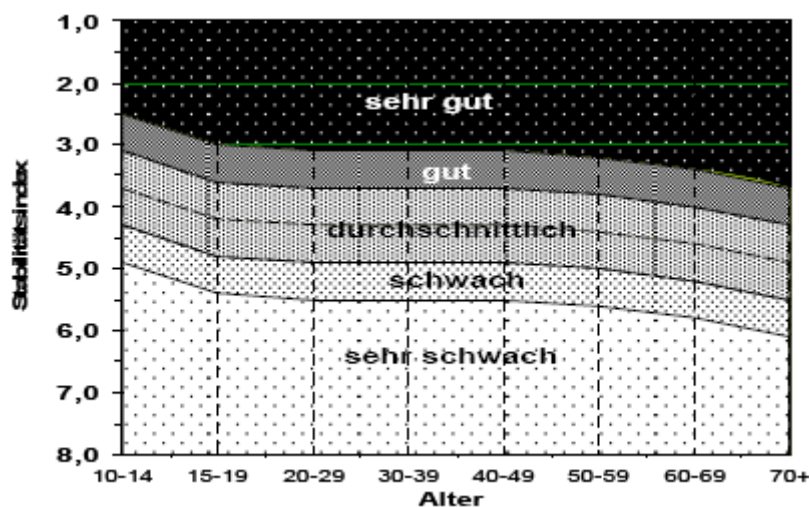


Abbildung 4: Normwerte der Männer in Dekaden für den Stabilitätsindex in der Messrichtung links/rechts (Tilscher et al., 2007, S.4).

Die Abbildung 4 zeigt die Normwerte der Männer in zehn Jahres Sprüngen für den Stabilitätsindex in der Messrichtung links/rechts. Den Indexwerten werden Bewertungskategorien von sehr gut bis sehr schwach zugewiesen, wobei die Breite der Kategorie der errechneten Standardabweichung vom statistischen Mittel entspricht. Diese detaillierten Informationen wurden von der BIT soft in die S3-Check Software eingearbeitet und so ist es möglich, jeder Testperson sofort nach Test ihre individuellen Indexwerte, verglichen mit den Normwerten ihrer Altersklasse und ihres Geschlechts zu geben.

In der Studie zur Normierung des S3 Checks durch die Firma MFT-Multifunktionale Trainingsgeräte GmbH stellte sich heraus, dass die Fähigkeit der Testperson den Körper auf einer instabilen Unterstützungsfläche über 30s zu stabilisieren, mit zunehmenden Alter nachlässt (vgl. Aigner et al. 2005).

4.3.4 Reliabilität, Objektivität und Validierung

Am Institut für Sportwissenschaften der Universität Innsbruck wurde das S3-Verfahren einer Reliabilitäts-, Objektivitäts- und Validitätsprüfung unterzogen.

Bei der Überprüfung der Reliabilität wurden 30 Probanden mit unterschiedlichen Leistungsniveaus an zwei Testtagen, getrennt durch ca. zehn Tage, getestet. Um die Objektivität zu gewährleisten wurden zehn Probanden von zwei verschiedenen Testleitern untersucht. Zur Validierung wurden 758 (387 links/rechts, 371 vor/rück) Messungen mit jungen SkirennläuferInnen im Alter zwischen 10 und 18 Jahren gemacht. Da im Skisport auf das Training und die Entwicklung der sensomotorischen Regulationsfähigkeit sehr viel Wert gelegt wird und sie zu den leistungsbestimmenden Faktoren gehört, ist davon auszugehen, dass Skirennläufer überdurchschnittliche Werte in diesem Bereich erzielen. Bei der Validitätsprüfung wurden die Daten der Skirennläufer mit der Normalgruppe verglichen.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 13.0.

Bei der Überprüfung der Reliabilität sind die Korrelationskoeffizienten des Stabilitätsindex (links/rechts; vor/rück) mit „sehr hoch“ zu beurteilen. Die Korrelationen des Sensomotorikindex können bei links/rechts als „hoch“ und bei vor/rück als „mittel“ eingestuft werden. Beim Symmetrieindex ergeben die Korrelationen bei links/rechts „mittel“ und bei vor/rück mit „keinem Zusammenhang“ zwischen Vor- und Nachtest.

Die Objektivitätsprüfung betreffend können mit Ausnahme des Symmetrieindex (links/rechts- „hoch“; vor/rück- keine Korrelation) alle Korrelationen mit „sehr hoch“ interpretiert werden.

Auch die vermuteten trainings- und anlagebedingten überdurchschnittlichen Leistungen der Skisportler bestätigen sich, beim Vergleich mit altersgleichen Probanden der Normwerterhebung. Bei der links/rechts und der vor/rück Testung zeigen die Skirennläufer signifikant bessere mittlere Sensomotorikwerte. In den einzelnen Altersklassen verhalten sich die Differenzen jedoch nicht konstant. Die links/rechts Ergebnisse zeigen, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen mit dem Alter größer werden. Bei der vor/rück Messung fallen die Unterschiede der Skigruppe gegenüber der Normgruppe geringer aus (vgl. Raschner et al., 2008).

4.4 Testablauf

Die Testdurchführung erfolgte unter standardisierten Bedingungen. Die Positionierung der Probanden war ein hüftbreiter Stand über den Markierungen auf der Disc. Die Knie sollten leicht gebeugt sein, die Fußposition ist durch Markierungen auf der Disc vorgegeben. Der Test lief Barfuß oder zumindest ohne Schuhwerk ab, um die Rezeptoren der Fußsohle nicht zu beeinflussen. Die Arme durften für Ausgleichbewegungen verwendet werden, wobei es nicht erlaubt war, das Sicherheitsgeländer während des Tests zur Hilfe zu nehmen. Das Blickfeld der Probanden (gerade oder nach unten) war frei wählbar.

Der Test mit dem S3- Gerät erfolgte in dieser Reihenfolge:

- Einweisung und Erklärung der einzelnen Schritte, wobei der Tester immer gleich blieb, um die Motivation der Teilnehmer so wenig wie möglich zu beeinflussen
- Proband muss das Gleichgewicht finden und das Gerät über einen vordefinierten Zeitraum möglichst waagrecht halten.

Links/ rechts Messung:

- Aufwärmphase- 15 sec
- Pause- 5 sec
- Test 1- 45 sec

➤ Pause- 15 sec

➤ Test 2- 45 sec

Pause- 1min

Vor/ rück Messung:

➤ Aufwärmphase- 15 sec

➤ Pause- 5 sec

➤ Test 1- 45 sec

➤ Pause- 15 sec

➤ Test 2- 45 sec

Abbruchkriterien: Einen Abbruch des Tests bewirkte das Verlassen der Startposition. Dazu gehören das Abheben eines Beines von der Disc, die zur Hilfenahme des Geländers, Schwindelgefühlen und das Absteigen vom Gerät.

4.5 Statistische Datenverarbeitung

Die statistische Datenverarbeitung erfolgte mit dem SPSS 15.00. Die Daten wurden aus der S3-Software in Exceldateien umgeschrieben und anschließend in das SPSS 15.00 Statistikprogramm importiert.

Beim Überprüfen der Hypothesen wurde darauf geachtet, stets den geeigneten Test mit der größten Power (Aussagekraft) zu verwenden. Vor dem Durchführen der statistischen Prozeduren wurden die für jeden Test notwendigen Voraussetzungen überprüft.

Wie in Kapitel 3 ersichtlich, wurden Unterschieds- und Zusammenhangshypothesen formuliert.

Für den Test auf Zusammenhang wurde, wenn möglich, der Korrelationskoeffizient nach Pearson und für den Test auf Unterschied der t-Test für unabhängige und abhängige Stichproben gewählt.

5 Ergebnisse

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

5.1 Alter und Geschlecht

5.1.1 Alter

Bei der Untersuchung, ob das Alter einen signifikanten Einfluss auf das Testergebnis hat, wurden zwei Gruppen gebildet. In Gruppe eins wurden diejenigen Probanden mit einem Lebensalter unter 40 Jahren eingeteilt und in Gruppe Zwei alle Probanden deren Lebensalter darüber lag.

Tabelle 4: Gruppenstatistik für links/rechts Stabilität nach Altersgruppen

Gruppe_Alter		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Stabilität	1,00	110	80,3545%	19,49951%	1,85921%
	2,00	145	74,5310%	15,60229%	1,29570%

Tabelle 5: Test auf Unterschied zwischen den Altersgruppen für die links/rechts Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben								
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz Untere Obere
L/R Stabilität	Varianzen sind gleich	,020	2,649	253	,009	5,8235%	2,19866%	1,49350% *****
	Varianzen sind nicht gleich		2,570	204,141	,011	5,8235%	2,26616%	1,35543% *****

Da keine Varianzgleichheit besteht, zeigt die Signifikanz den Wert 0.011. Bei einem Niveau von 0.05 ist es ein signifikantes Ergebnis. Es besteht somit bei der links/rechts Stabilität ein signifikanter Unterschied zwischen Personen unter 40 Jahren (Mittelwert: 80,4%; Standardabweichung: 19,5%) und über 40 Jahren (Mittelwert: 74,3%; Standardabweichung: 15,5%): T=2,649, df=253, p<0,05

Tabelle 6: Gruppenstatistik für vor/rück Stabilität nach Altersgruppen

	Alter1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Stabilität	1,00	110	83,5636%	18,19241%	1,73458%
	2,00	145	80,9724%	14,87352%	1,23518%

Tabelle 7: Test auf Unterschied zwischen den Altersgruppen für die vor/rück Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben								
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz Untere Obere
V/Z Stabilität	Varianzen sind gleich	,017	1,251	253	,212	2,59122%	2,07187%	-1,4891% 6,67154%
	Varianzen sind nicht gleich		1,217	207,235	,225	2,59122%	2,12942%	-1,6069% 6,78932%

Die vor/rück Stabilitätsergebnisse von Probanden unter 40 Jahren (Mittelwert: 83,6%, Standardabweichung: 18,2%) unterscheiden sich nicht signifikant von jeden Probanden mit einem Lebensalter über 40 Jahre (Mittelwert: 81%, Standardabweichung: 14,9%): T= 1,25, df=253, p>0,05

Tabelle 8: Gruppenstatistik für links/rechts Sensomotorik nach Altersgruppen

	Alter1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Sensomotorik	1,00	110	94,7727%	19,57234%	1,86615%
	2,00	145	91,2690%	20,20700%	1,67810%

Tabelle 9: Test auf Unterschied zwischen den Altersgruppen für die links/rechts Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
L/R Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,810		1,390	253	,166	3,50376%	2,52074%	-1,4606% 8,46808%
	Varianzen sind nicht gleich			1,396	238,505	,164	3,50376%	2,50969%	-1,4402% 8,44775%

Die links/rechts Sensomotorikergebnisse von Probanden unter 40 Jahren (Mittelwert: 94,8%, Standardabweichung: 19,6%) unterscheiden sich nicht signifikant von denen von Probanden mit einem Lebensalter über 40 Jahren (Mittelwert: 91,3%, Standardabweichung: 20,2%): $T = 1,39$, $df = 253$, $p > 0,05$

Tabelle 10: Gruppenstatistik für vor/rück Sensomotorik nach Altersgruppen

	Alter1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Sensomotorik	1,00	110	106,264%	20,1857%	1,9246%
	2,00	145	100,497%	18,9506%	1,5738%

Tabelle 11: Test auf Unterschied zwischen Altersgruppen für die vor/rück Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
V/Z Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,341		2,340	253	,020	5,7671%	2,4646%	,9133% 10,6209%
	Varianzen sind nicht gleich			2,320	226,756	,021	5,7671%	2,4861%	,8682% 10,6660%

Die vor/rück Sensomotorikergebnisse unterscheiden sich signifikant zwischen Probanden unter 40 Jahren (Mittelwert: 106,1%, Standardabweichung: 20,2%) und Probanden mit einem

Lebensalter über 40 Jahren (Mittelwert: 100,1%; Standardabweichung: 19%): $T = 2,34$, $df = 253$, $p < 0,05$

5.1.2 Geschlecht

In diesem Kapitel wurde getestet, ob ein signifikanter Unterschied in den Messergebnissen zwischen den Geschlechtern besteht. Die männlichen Probanden wurden in Gruppe Eins und die weiblichen in Gruppe zwei eingeteilt.

Tabelle 12: Gruppenstatistik für links/rechts Stabilität nach Geschlechtertrennung

Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Stabilität 1	217	76,3825%	17,37352%	1,17939%
2	40	81,6000%	18,58839%	2,93908%

Tabelle 13: Test auf Unterschied zwischen den Geschlechtern für die links/rechts Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			T-Test für die Mittelwertgleichheit						95% Konfidenzintervall der Differenz
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
L/R Stabilität	Varianzen sind gleich	,382	-1,726	255	,086	-5,218%	3,02238%	-11,170%	,73449%
	Varianzen sind nicht gleich		-1,648	52,326	,105	-5,218%	3,16689%	-11,571%	1,13637%

Die links/rechts Stabilitätsergebnisse der Männer (Mittelwert: 76,3%, Standardabweichung: 17,4%) unterscheiden sich nicht signifikant von jenen der Frauen (Mittelwert: 81,6%, Standardabweichung: 18,6%): $T = -1,7$, $df = 255$, $p > 0,05$

Tabelle 14: Gruppenstatistik für links/rechts Sensomotorik nach Geschlechtertrennung

Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Sensomotorik 1	217	92,3594%	19,92230%	1,35241%
2	40	96,3500%	20,65039%	3,26511%

Tabelle 15: Test auf Unterschied zwischen den Geschlechtern für die links/rechts Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben								
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz Untere Obere
L/R Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,899	-1,158	255	,248	-3,9906%	3,44750%	-10,780% 2,79864%
	Varianzen sind nicht gleich		-1,129	53,247	,264	-3,9906%	3,53412%	-11,078% 3,09722%

Die links/rechts Sensomotorikergebnisse der Männer (Mittelwert: 92,4%, Standardabweichung: 19,9%) unterscheiden sich nicht signifikant von jenen der Frauen (Mittelwert: 96,3%, Standardabweichung: 20,7%): $T = -1,158$, $df = 255$, $p > 0,05$

Tabelle 16: Gruppenstatistik für vor/rück Stabilität nach Geschlechtertrennung

Geschlecht		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Stabilität	1	217	82,0046%	15,94769%	1,08260%
	2	40	82,4750%	18,69730%	2,95630%

Tabelle 17: Test auf Unterschied zwischen den Geschlechtern für die vor/rück Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben								
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz Untere Obere
V/Z Stabilität	Varianzen sind gleich	,166	-,167	255	,868	-,47039%	2,82163%	-6,0271% 5,08628%
	Varianzen sind nicht gleich		-,149	49,999	,882	-,47039%	3,14829%	-6,7939% 5,85314%

Die vor/rück Stabilitätsergebnisse der Männer (Mittelwert: 82%, Standardabweichung: 15,9%) unterscheiden sich nicht signifikant von jenen der Frauen (Mittelwert: 82,5%, Standardabweichung: 18,7%): $T = -0,167$, $df = 255$, $p > 0,05$

Tabelle 18: Gruppenstatistik für vor/rück Sensomotorik nach Geschlechtertrennung

Geschlecht		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Sensomotorik	1	217	102,871%	19,5520%	1,3273%
	2	40	103,925%	20,0683%	3,1731%

Tabelle 19: Test auf Unterschied zwischen den Geschlechtern für die vor/rück Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
V/Z Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,716	-,312	255	,755	-1,0540%	3,3781%	-7,7065%	5,5984%
	Varianzen sind nicht gleich		-,306	53,545	,760	-1,0540%	3,4395%	-7,9511%	5,8431%

Die vor/rück Sensomotorikergebnisse der Männer (Mittelwert: 102,9%, Standardabweichung: 19,5%) unterscheiden sich nicht signifikant von jenen der Frauen (Mittelwert: 103,9%, Standardabweichung: %): $T=-0,312$, $df=255$, $p>0,05$

5.2 Anthropometrische Faktoren und BMI

5.2.1 Größe

5.2.1.1 Zusammenhang zwischen Größe und Messergebnisse

Zuerst wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen den verschiedenen Faktoren besteht. Als Voraussetzung mussten die Daten zumindest intervallskaliert und normalverteilt sein. Nach Überprüfung der Voraussetzungen erfolgte der Korrelationstest nach Pearson.

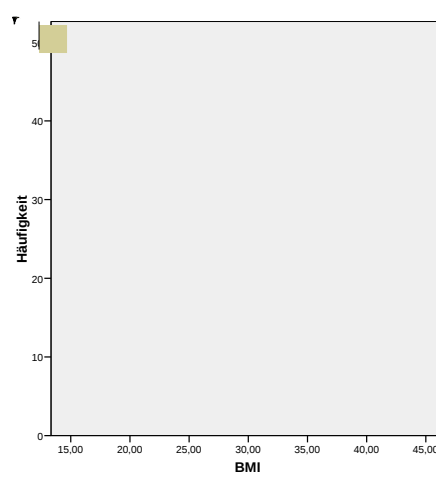
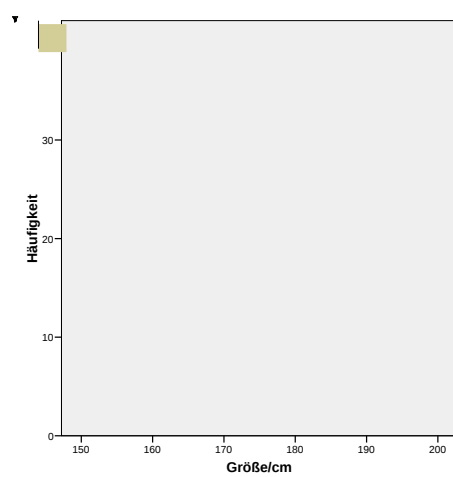
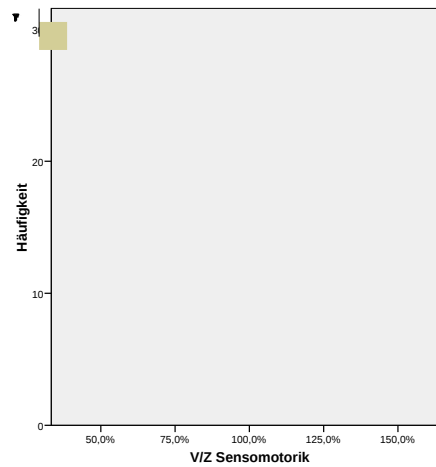
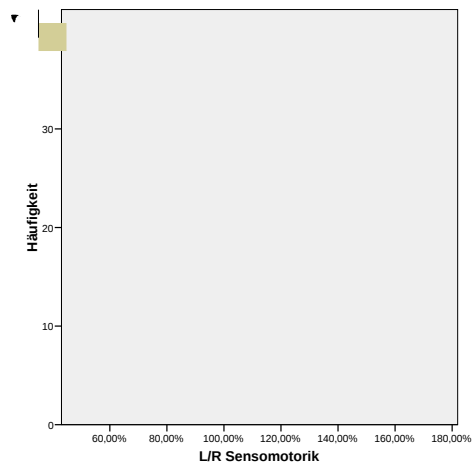
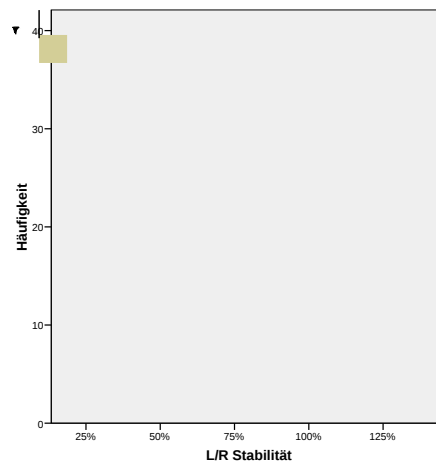
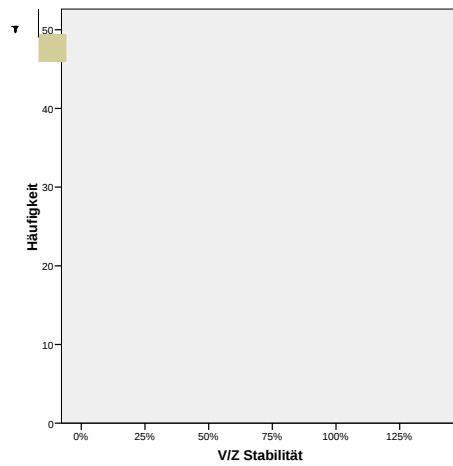


Abbildung 5- 10: Normalverteilungsüberprüfung der einzelnen Faktoren

Bei den Ergebnissen der vor/rück Stabilität, der vor/rück Sensomotorik, der links/rechts Stabilität, der links/rechts Sensomotorik, der Körpergröße und des BMI kann man von einer annähernden Normalverteilung ausgehen.

Folgend wurde getestet, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körpergröße und den Messwerten besteht.

Tabelle 20: Test auf Zusammenhang zwischen Größe und links/rechts Stabilität

		L/R Stabilität	Größe/cm
L/R Stabilität	Korrelation nach Pearson	1	-,139(*)
	Signifikanz (2-seitig)		,026
	N	257	257
Größe/cm	Korrelation nach Pearson	-,139(*)	1
	Signifikanz (2-seitig)	,026	
	N	257	257

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Die Signifikanz von 0.026 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. Dass heißt, je größer eine Testperson ist, desto schlechter ist ihr Ergebnis bei der links/rechts Stabilität. Der niedrige Wert der Korrelation (-0,139) zeigt jedoch, dass die Stärke des Zusammenhangs sehr gering ist.

Tabelle 21: Test auf Zusammenhang zwischen Größe und vor/rück Stabilität

		Größe/cm	V/Z Stabilität
Größe/cm	Korrelation nach Pearson	1	-,107
	Signifikanz (2-seitig)		,086
	N	257	257
V/Z Stabilität	Korrelation nach Pearson	-,107	1
	Signifikanz (2-seitig)	,086	
	N	257	257

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Körpergröße und dem Ergebnis der vor/rück Stabilität: $p=0,086$

Tabelle 22: Test auf Zusammenhang zwischen Größe und links/rechts Sensomotorik

		Größe/cm	L/R Sensomotorik
Größe/cm	Korrelation nach Pearson	1	-,093
	Signifikanz (2-seitig)		,137
	N	257	257
L/R Sensomotorik	Korrelation nach Pearson	-,093	1
	Signifikanz (2-seitig)	,137	
	N	257	257

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Körpergröße und dem Ergebnis der links/rechts Sensomotorik: $p=0,137$

Tabelle 23: Test auf Zusammenhang zwischen Größe und vor/rück Sensomotorik

		Größe/cm	V/Z Sensomotorik
Größe/cm	Korrelation nach Pearson	1	-,057
	Signifikanz (2-seitig)		,363
	N	257	257
V/Z Sensomotorik	Korrelation nach Pearson	-,057	1
	Signifikanz (2-seitig)	,363	
	N	257	257

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Körpergröße und dem Ergebnis der vor/rück Sensomotorik: $p=0,363$

5.2.1.2 Unterschied zwischen Körpergröße<178cm und Körpergröße>178

Es wurden zwei Gruppen gebildet, wobei nur männliche Probanden in diese deskriptive Statistik einfließen, weil laut Imas-Report⁷ die Durchschnittsgröße für Männer 178 cm und für Frauen 167cm beträgt und das die Ergebnisse verfälschen würde. Mit der folgenden Statistik soll gezeigt werden, ob die Ergebnisse für Probanden unter 178cm (Gruppe Eins), in dieser Stichprobe, sich signifikant von den Ergebnissen der Probanden über 178cm (Gruppe Zwei) unterscheiden.

⁷ Imas Report 2003, Zugriff am 17.09.08 unter: <http://www.imas.at/report/2003/05-03.pdf>

Tabelle 24: Gruppenstatistik für links/rechts Stabilität nach Größeneinteilung

Größe_Groupen		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Stabilität	1,00	105	77,7048%	16,99090%	1,65814%
	2,00	95	76,1684%	18,46771%	1,89475%

Tabelle 25: Test auf Unterschied zwischen den Körpergrößen für die links/rechts Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
									Untere Obere
L/R Stabilität	Varianzen sind gleich		,929	,613	198	,541	1,53634%	2,50734%	-3,4082% 6,48085%
	Varianzen sind nicht gleich			,610	191,561	,542	1,53634%	2,51784%	-3,4299% 6,50259%

Bei den Ergebnissen der links/rechts Stabilität gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern mit einer Körpergröße unter 178 cm (Mittelwert: 77,7%; Standardabweichung: 17%) und Männern über 178 cm (Mittelwert: 76,2%; Standardabweichung: 18,5%): T= 0,613, df 198, p> 0,05

Tabelle 26: Gruppenstatistik für links/rechts Sensomotorik nach Größeneinteilung

Größe_Groupen		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Sensomotorik	1,00	105	93,8286%	19,88450%	1,94053%
	2,00	95	91,5789%	20,87123%	2,14134%

Tabelle 27: Test auf Unterschied zwischen den Körpergrößen für die links/rechts Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
									Untere Obere
L/R Sensomotorik	Varianzen sind gleich		,793	,780	198	,436	2,24962%	2,88279%	-3,4353% 7,93454%
	Varianzen sind nicht gleich			,778	193,708	,437	2,24962%	2,88981%	-3,4499% 7,94916%

Bei den Ergebnissen der links/rechts Sensomotorik gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern mit einer Körpergröße unter 178 cm (Mittelwert: 93,8%; Standardabweichung: 19,9%) und Männern über 178 cm (Mittelwert: 91,6%; Standardabweichung: 20,9%): $T = 0,78$, $df = 198$, $p > 0,05$

Tabelle 28: Gruppenstatistik für vor/rück Stabilität nach Größeneinteilung

Größe_Groupen		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Stabilität	1,00	105	83,2667%	15,04561%	1,46830%
	2,00	95	81,4421%	16,03435%	1,64509%

Tabelle 29: Test auf Unterschied zwischen den Körpergrößen für die vor/rück Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
								Untere	Obere
V/Z Stabilität	Varianzen sind gleich	,900	,830	198	,407	1,82456%	2,19801%	-2,5100%	6,15908%
	Varianzen sind nicht gleich		,827	192,819	,409	1,82456%	2,20505%	-2,5245%	6,17367%

Bei den Ergebnissen der vor/rück Stabilität gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern mit einer Körpergröße unter 178 cm (Mittelwert: 83,3%; Standardabweichung: 15%) und Männern über 178 cm (Mittelwert: 81,4%; Standardabweichung: 17,16%): $T = 0,83$, $df = 198$, $p > 0,05$

Tabelle 30: Gruppenstatistik für vor/rück Sensomotorik nach Größeneinteilung

Größe_Groupen		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Sensomotorik	1,00	105	103,419%	17,1272%	1,6714%
	2,00	95	102,684%	22,1625%	2,2738%

Tabelle 31: Test auf Unterschied zwischen den Körpergrößen für die vor/rück Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
V/Z Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,030	,264	198	,792	,7348%	2,7865%	-4,7602%	6,2299%
	Varianzen sind nicht gleich		,260	176,462	,795	,7348%	2,8221%	-4,8345%	6,3042%

Bei den Ergebnissen der vor/rück Sensomotorik gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern mit einer Körpergröße unter 178 cm (Mittelwert: 103,4%; Standardabweichung: 17,1%) und Männern über 178 cm (Mittelwert: 102,7%; Standardabweichung: 22,2%): $T = 0,26$, $df = 176,462$, $p > 0,05$

5.2.2 Body-Mass-Index

5.2.2.1 Zusammenhang BMI- Messergebnisse

Es wurde getestet, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Messergebnissen und dem Body-Mass-Index besteht.

Tabelle 32: Test auf Zusammenhang zwischen BMI und vor/rück Stabilität

		V/Z Stabilität	BMI
V/Z Stabilität	Korrelation nach Pearson	1	-,224(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N	257	257
BMI	Korrelation nach Pearson	-,224(**)	1
	Signifikanz (2-seitig)	,000	
	N	257	257

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 33: Test auf Zusammenhang zwischen BMI und links/rechts Stabilität

		BMI	L/R Stabilität
BMI	Korrelation nach Pearson	1	-,203(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,001
	N	257	257
L/R Stabilität	Korrelation nach Pearson	-,203(**)	1
	Signifikanz (2-seitig)	,001	
	N	257	257

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Der Zusammenhang des Body-Mass-Index mit der Stabilität ist in beiden Bewegungsrichtungen hoch signifikant. Die Signifikanz beträgt in beiden Fällen 0,001 bei einem zweiseitigem Niveau von $\alpha=0.01$.

Da die Signifikanz in beiden Fällen sehr klein ist, kann man davon ausgehen, dass die Werte in Wirklichkeit korrelieren.

Der negative Zusammenhang bedeutet, dass je geringer der BMI einer Testperson, desto besser ist ihr Ergebnis die Stabilität betreffend.

Dieser negative Zusammenhang (vor/rück Stabilität= -0,224; links/rechts Stabilität= -0.203) ist jedoch klein und hat darum wenig Aussagekraft.

Tabelle 34: Test auf Zusammenhang zwischen BMI und vor/rück Sensomotorik

		V/Z Sensomotorik	BMI
V/Z Sensomotorik	Korrelation nach Pearson	1	-,141(*)
	Signifikanz (2-seitig)		,024
	N	257	257
BMI	Korrelation nach Pearson	-,141(*)	1
	Signifikanz (2-seitig)	,024	
	N	257	257

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 35: Test auf Zusammenhang zwischen BMI und links/rechts Sensomotorik

		BMI	L/R Sensomotorik
BMI	Korrelation nach Pearson	1	-,164(**)
	Signifikanz (2-seitig)		,009
	N	257	257
L/R Sensomotorik	Korrelation nach Pearson	-,164(**)	1
	Signifikanz (2-seitig)	,009	
	N	257	257

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Der Zusammenhang des Body-Mass-Index mit der Sensomotorik ist in beiden Bewegungsrichtungen signifikant. Die Signifikanz beträgt bei der vor/rück Sensomotorik 0,024 und ist auf dem Niveau $\alpha=0,05$ signifikant. Bei der links/rechts Sensomotorik liegt ein hoch signifikantes Ergebnis (0,009) vor und ist somit auf dem Niveau von $\alpha=0,01$ signifikant. Dieser negative Zusammenhang (vor/rück Sensomotorik= -0,141; links/rechts Sensomotorik= -0,164) ist jedoch sehr klein und hat darum wenig Aussagekraft.

5.2.2.2 Unterschied zwischen BMI<25 und BMI>25

Die Probanden wurden nach ihrem BMI in zwei Gruppen aufgeteilt. Gruppe eins mit einem $BMI \leq 25$ und Gruppe zwei mit einem $BMI > 25$. Mit dem T-Test wurde untersucht, ob sich die beiden Gruppen bei den Messergebnissen signifikant unterscheiden.

Tabelle 36: Gruppenstatistik links/rechts Stabilität nach BMI-Einteilung

	BMI_neu	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Stabilität	1,00	114	80,4737%	17,63304%	1,65149%
	2,00	143	74,5804%	17,25019%	1,44253%

Tabelle 37: Test auf Unterschied zwischen den BMI-Gruppen für die links/rechts Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
								Untere	Obere
L/R Stabilität	Varianzen sind gleich	,979	2,694	255	,008	5,89326%	2,18734%	1,58571%	*****
	Varianzen sind nicht gleich		2,688	240,0	,008	5,89326%	2,19279%	1,57370%	*****

Die Ergebnisse zeigen, dass ein signifikanter Unterschied bei den Messergebnissen der links/rechts Stabilität zwischen Personen mit einem BMI<25 (Mittelwert: 80,5%, Standardabweichung: 17,6%) und Personen mit einem BMI>25 (Mittelwert: 74,6%, Standardabweichung: 17,3%) besteht: T=2,69, df=255, p<0,01

Probanden mit einem BMI<25 erzielen bessere Testergebnisse bei der links/rechts Stabilität als Personen mit einem BMI>25.

Tabelle 38: Gruppenstatistik für vor/rück Stabilität nach BMI-Einteilung

	BMI_neu	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Stabilität	1,00	114	85,5702%	17,53730%	1,64252%
	2,00	143	79,2937%	14,85225%	1,24201%

Tabelle 39: Test auf Unterschied zwischen den BMI-Gruppen für die vor/rück Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
								Untere	Obere
V/Z Stabilität	Varianzen sind gleich	,163	3,105	255	,002	6,27647%	2,02117%	2,29615%	*****
	Varianzen sind nicht gleich		3,048	221,53	,003	6,27647%	2,05924%	2,21827%	*****

Die Ergebnisse zeigen, dass ein signifikanter Unterschied bei den Messergebnissen der vor/rück Stabilität zwischen Personen mit einem BMI<25 (Mittelwert: 85,6%, Standardabweichung: 17,54%) und Personen mit einem BMI>25 (Mittelwert: 79,3%, Standardabweichung: 14,8%) besteht: T= 3,105, df=255, p<0,01

Tabelle 40: Gruppenstatistik für vor/rück Sensomotorik nach BMI-Einteilung

	BMI_neu	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Sensomotorik	1,00	114	106,737%	18,8074%	1,7615%
	2,00	143	100,084%	19,7767%	1,6538%

Tabelle 41: Test auf Unterschied zwischen den BMI-Gruppen für die vor/rück Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
V/Z Sensomotorik	Varianzen sind gleich		,742	2,738	255	,007	6,6529%	2,4300%	1,8676% 11,4383%
	Varianzen sind nicht gleich			2,753	247,18	,006	6,6529%	2,4162%	1,8940% 11,4118%

Die Ergebnisse zeigen, dass ein signifikanter Unterschied bei den Messergebnissen der vor/rück Sensomotorik zwischen Personen mit einem BMI $\leq$ 25 (Mittelwert: 106,7%, Standardabweichung: 18,6%) und Personen mit einem BMI $>$ 25 (Mittelwert: 100,1%, Standardabweichung: 19,8%) besteht: T=2,74, df=255, p<0,01

Tabelle 42: Gruppenstatistik für links/rechts Sensomotorik nach BMI-Einteilung

	BMI_neu	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Sensomotorik	1,00	114	96,2807%	18,47433%	1,73028%
	2,00	143	90,3497%	20,91238%	1,74878%

Tabelle 43: Test auf Unterschied zwischen den BMI-Gruppen für die links/rechts Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
L/R Sensomotorik	Varianzen sind gleich		,288	2,377	255	,018	5,93105%	2,49471%	1,01818% *****
	Varianzen sind nicht gleich			2,411	252,3	,017	5,93105%	2,46010%	1,08610% *****

Die Ergebnisse zeigen, dass ein signifikanter Unterschied bei den Messergebnissen der links/rechts Sensomotorik zwischen Personen mit einem BMI ≤ 25 (Mittelwert: 96,3%, Standardabweichung: 18,5%) und Personen mit einem BMI > 25 (Mittelwert: 90,4%, Standardabweichung: 20,9%) besteht: $T=2,377$, $df=255$, $p<0,05$

5.3 Testzeitpunkt

Um den Einfluss der Testzeit zu untersuchen wurden zwei Gruppen gebildet und auf Unterschied getestet. Die Probanden, die den Test vor 10:00 Uhr absolvierten, wurden in Gruppe Eins und jene, die nach 14:00 Uhr gemessen wurden, in Gruppe Zwei zugeteilt.

Tabelle 44: Gruppenstatistik in Abhängigkeit des Testzeitpunktes für vor/rück Stabilität

gruppe_zeitpunkt_neu		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Stabilität	1,00	59	82,3898%	17,20667%	2,24012%
	2,00	62	76,2742%	15,79393%	2,00583%

Tabelle 45: Test auf Unterschied zwischen den den Testzeitpunkten für die vor/rück Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
V/Z Stabilität	Varianzen sind gleich	,431	2,038	119	,044	6,11564%	3,00049%	,17437%	*****
	Varianzen sind nicht gleich		2,034	116,861	,044	6,11564%	3,00691%	,16054%	*****

Die Ergebnisse der vor/rück Stabilität unterscheiden sich bei Personen, die am frühen Vormittag getestet wurden signifikant von jenen, die nach 14:00 Uhr getestet wurden. Die Probanden am Vormittag (Mittelwert: 82,4%, Standardabweichung: 17,2%) zeigen einen signifikant höheren Wert als Personen, die am Nachmittag getestet wurden (Mittelwert: 76,3%, Standardabweichung: 15,8%): $T=2,038$, $df=119$, $p<0,05$

Tabelle 46: Gruppenstatistik in Abhängigkeit des Testzeitpunktes für vor/rück Sensomotorik

gruppe_zeitpunkt_neu		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Sensomotorik	1,00	59	106,085%	17,6012%	2,2915%
	2,00	62	97,806%	23,8147%	3,0245%

Tabelle 47: Test auf Unterschied zwischen den Testzeitpunkten für die vor/rück Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
V/Z Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,031	2,166	119	,032	8,2783%	3,8225%	,7094%	15,8471%
	Varianzen sind nicht gleich		2,182	112,236	,031	8,2783%	3,7945%	,7601%	15,7965%

Die Ergebnisse der vor/rück Sensomotorik unterscheiden sich bei Personen, die am frühen Vormittag getestet wurden signifikant von jenen, die nach 14:00 Uhr getestet wurden. Die Probanden am Vormittag (Mittelwert: 106,1%, Standardabweichung: 17,1%) zeigen einen signifikant höheren Wert als Personen, die am Nachmittag getestet wurden (Mittelwert: 97,8%, Standardabweichung: 23.8%): $T=2,182$, $df=112,4$, $p<0,05$

Tabelle 48: Gruppenstatistik in Abhängigkeit des Testzeitpunktes für links/ rechts Stabilität

gruppe_zeitpunkt_neu		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Stabilität	1,00	59	76,3729%	16,97554%	2,21003%
	2,00	62	77,2258%	17,14109%	2,17692%

Tabelle 49: Test auf Unterschied zwischen den Testzeitpunkten für die links/ rechts Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
L/R Stabilität	Varianzen sind gleich	,637	-,275	119	,784	-,85293%	3,10288%	-6,9969%	5,29109%
	Varianzen sind nicht gleich		-,275	118,807	,784	-,85293%	3,10213%	-6,9956%	5,28970%

Bei der links/rechts Stabilität gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen.: $T=-0,275$, $df=119$, $p>0,05$

Tabelle 50: Gruppenstatistik in Abhängigkeit des Testzeitpunktes für links /rechts Sensomotorik

gruppe_zeitpunkt_neu		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Sensomotorik	1,00	59	91,5932%	19,31510%	2,51461%
	2,00	62	92,0323%	20,92529%	2,65751%

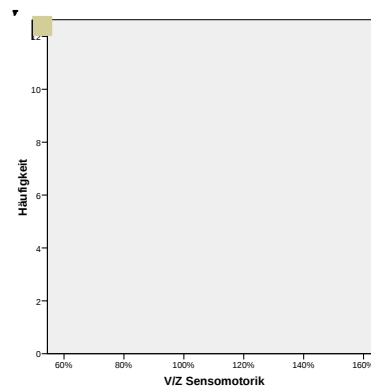
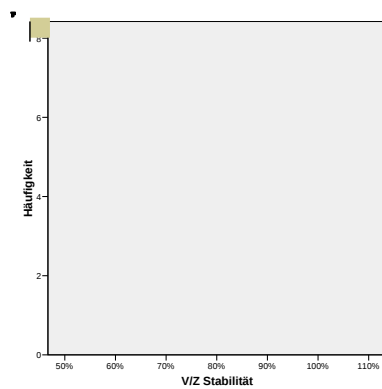
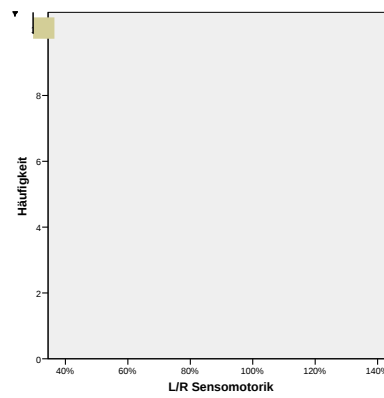
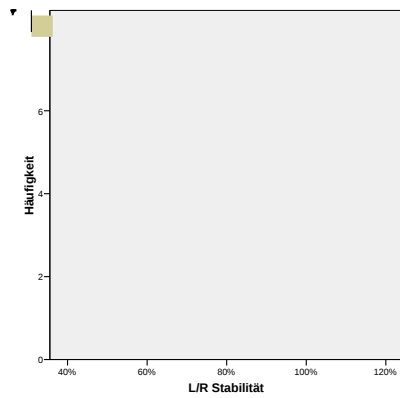
Tabelle 51: Test auf Unterschied zwischen den Testzeitpunkten für die links/ rechts Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben								
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
L/R Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,528	-,120	119	,905	-,43904%	3,66596%	-7,6980% 6,81992%
	Varianzen sind nicht gleich		-,120	118,893	,905	-,43904%	3,65864%	-7,6836% 6,80550%

Bei der links/rechts Sensomotorik gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen: $T=-0,12$, $df=19$, $p>0,05$

5.4 Training und Verletzungen

Weil nur bei 63 Probanden der Firma Böhler Daten über Trainingshäufigkeit und Verletzungen aufgenommen wurden, war es notwendig für den t-Test die Normalverteilung zu überprüfen, weil die Gruppengröße teilweise kleiner 30 war. Es wurden also zwei Gruppen gebildet und die Voraussetzungen für den T-Test überprüft. Da die Gruppengröße bei Gruppe Zwei unter 30 war, musste die Normalverteilung überprüft werden.



Abbildungen 11- 14: Normalverteilung in den vier Indexsystemen für inaktive Probanden

Man kann in dieser Gruppe von einer annähernden Normalverteilung ausgehen. Die Voraussetzungen für den t-Test gelten als erfüllt.

5.4.1 Training

Gruppe Eins bestand aus jenen Probanden, die sportlich aktiv waren und sich einem sportlichen Training unterzogen und Gruppe Zwei aus den Probanden, die keinen Sport betrieben.

Es wurde überprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Testergebnissen der beiden Gruppen besteht.

Tabelle 52: Gruppenstatistik für Trainingsgruppen bei der links/rechts Stabilität

Training; 1=Ja		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Stabilität	1,00	35	81,29%	18,648%	3,152%
	2,00	28	72,64%	18,649%	3,524%

Tabelle 53: Test auf Unterschied zwischen aktiven und passiven Probanden für die links/rechts Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
		Untere							Obere
L/R Stabilität	Varianzen sind gleich	,971	1,828	61	,072	8,643%	4,728%	-,812%	18,098%
	Varianzen sind nicht gleich		1,828	58,000	,073	8,643%	4,728%	-,822%	18,108%

Bei der links/rechts Stabilität gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen: $T=-1,828$, $df=61$, $p>0,05$

Tabelle 54: Gruppenstatistik für Trainingsgruppen bei der links/rechts Sensomotorik

Training; 1=Ja		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Sensomotorik	1,00	35	98,83%	20,506%	3,466%
	2,00	28	86,46%	18,218%	3,443%

Tabelle 55: Test auf Unterschied zwischen aktiven und passiven Probanden für die links/rechts Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit							
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
L/R Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,373	2,497	61	,015	12,364%	4,951%	2,464%	22,264%	
	Varianzen sind nicht gleich		2,531	60,287	,014	12,364%	4,885%	2,593%	22,136%	

Die Resultate der links/rechts Sensomotorik zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den sportlich aktiven Probanden (Mittelwert: 98,8%, Standardabweichung: 20,5%) und inaktiven Probanden (Mittelwert: 86,5%, Standardabweichung: 18,2%): $T=2,407$, $df=61$, $p<0,05$

Tabelle 56: Gruppenstatistik für Trainingsgruppen bei der vor/rück Stabilität

	Training; 1=Ja	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Stabilität	1,00	35	84,11%	15,911%	2,689%
	2,00	28	78,96%	14,070%	2,659%

Tabelle 57: Test auf Unterschied zwischen aktiven und passiven Probanden für die vor/rück Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
V/Z Stabilität	Varianzen sind gleich		,517	1,343	61	,184	5,150%	3,835%	-2,518% 12,818%
	Varianzen sind nicht gleich			1,362	60,347	,178	5,150%	3,782%	-2,414% 12,714%

Bei der vor/rück Stabilität gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen.: $T=-1,8343$, $df=61$, $p>0,05$

Tabelle 58: Gruppenstatistik für Trainingsgruppen bei der vor/rück Sensomotorik

	Training; 1=Ja	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Sensomotorik	1,00	35	104,40%	17,797%	3,008%
	2,00	28	101,75%	20,986%	3,966%

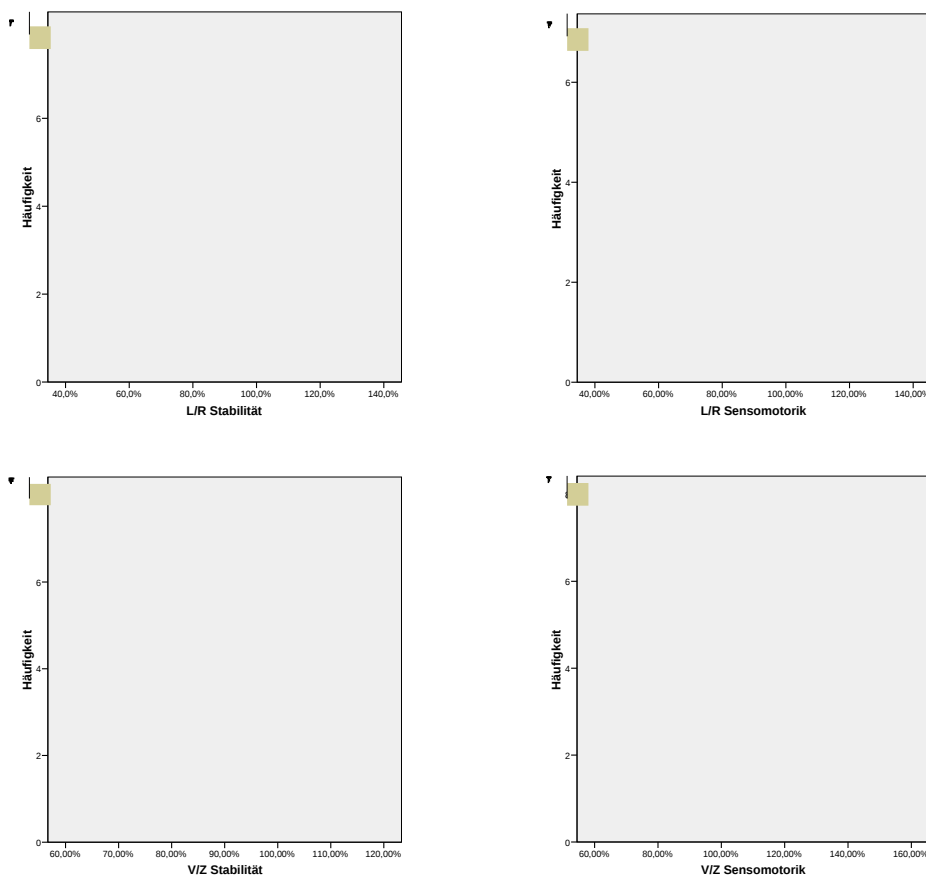
Tabelle 59: Test auf Unterschied zwischen aktiven und passiven Probanden für die vor/rück Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
V/Z Sensomotorik	Varianzen sind gleich		,662	,542	61	,590	2,650%	4,887%	-7,122% 12,422%
	Varianzen sind nicht gleich			,532	53,058	,597	2,650%	4,978%	-7,334% 12,634%

Bei der vor/rück Sensomotorik gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen: $T= 0,542$, $df=61$, $p>0,05$

5.4.2 Verletzungen

Bei dieser Auswertung wurden wieder zwei Gruppen gebildet und die Normalverteilung überprüft, weil die Gruppengröße teilweise unter 30 lag. Gruppe Eins bestand aus jenen Probanden, die noch keine schwerwiegende Verletzung am Bewegungsapparat, besonders den unteren Extremitäten, gehabt haben. In Gruppe Zwei wurden diejenigen Probanden zugeteilt, die schon einmal eine Fraktur oder eine ähnlich schwere Verletzung erlitten hatten. Da bei Gruppe Eins die Gruppengröße von 30 unterschritten wird, ist es notwendig die Normalverteilung zu überprüfen.



Abbildungen 15-18: Normalverteilung in den vier Indexsystemen bei Probanden ohne Verletzungen

In Gruppe Eins kann man bei den Ergebnissen in den vier Indexsystemen von einer annähernden Normalverteilung ausgehen.

Danach wurde untersucht, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht.

Tabelle 60: Gruppenstatistik für Verletzungen bei der links/rechts Stabilität

	Verletzungen 1=nein	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Stabilität	1,00	28	80,21%	18,871%	3,566%
	2,00	35	75,23%	19,077%	3,225%

Tabelle 61: Test auf Unterschied zwischen den beiden Gruppen für die links/rechts Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						95% Konfidenzintervall der Differenz
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	
L/R Stabilität	Varianzen sind gleich	,935		1,036	61	,304	4,986%	4,814%	-4,640%
	Varianzen sind nicht gleich			1,037	58,268	,304	4,986%	4,808%	14,612%
									14,609%

Bei der links/rechts Stabilität gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Obwohl die Gruppe ohne Verletzungen (Mittelwert:80,21%, Standardabweichung: 18,9%) einen numerischen deutlich höheren Wert erzielt hat, als die Gruppe mit Verletzungen (Mittelwert: 75,23%, Standardabweichung: 19,1%), ist das Ergebnis nicht auf die Gesamtpopulation umlegbar: $T = 1,036$, $df = 61$, $p > 0,05$

Tabelle 62: Gruppenstatistik für Verletzungen bei der links/rechts Sensomotorik

	Verletzungen 1=nein	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
L/R Sensomotorik	1,00	28	94,96%	20,714%	3,915%
	2,00	35	92,03%	20,232%	3,420%

Tabelle 63: Test auf Unterschied zwischen den Gruppen für die links/rechts Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzhomogenität	T-Test für die Mittelwertgleichheit						95% Konfidenzintervall der Differenz
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	
L/R Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,721		,566	61	,573	2,936%	5,184%	-7,431%
	Varianzen sind nicht gleich			,565	57,392	,574	2,936%	5,198%	13,302%
									13,343%

Bei der links/rechts Sensomotorik gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen: $T = 0,566$, $df = 61$, $p > 0,05$

Tabelle 64: Gruppenstatistik für Verletzungen bei der vor/rück Stabilität

Gruppenstatistiken				
Verletzungen 1=nein	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Stabilität 1,00	28	85,25%	13,740%	2,597%
2,00	35	79,09%	15,975%	2,700%

Tabelle 65: Test auf Unterschied zwischen den Gruppen für die vor/rück Stabilität

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit							
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
V/Z Stabilität	Varianzen sind gleich	,513	1,618	61	,111	6,164%	3,810%	-1,454%	13,783%	
	Varianzen sind nicht gleich		1,645	60,648	,105	6,164%	3,746%	-1,328%	13,656%	

Bei der vor/rück Stabilität gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen: T= 1,618, df=61, $p>0,05$

Tabelle 66: Gruppenstatistik für Verletzungen bei der vor/rück Sensomotorik

Verletzungen 1=nein	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V/Z Sensomotorik 1,00	28	104,71%	17,592%	3,325%
2,00	35	102,03%	20,509%	3,467%

Tabelle 67: Test auf Unterschied zwischen den Gruppen für die vor/rück Sensomotorik

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit							
			Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
V/Z Sensomotorik	Varianzen sind gleich	,504	,550	61	,585	2,686%	4,886%	-7,085%	12,457%	
	Varianzen sind nicht gleich		,559	60,673	,578	2,686%	4,803%	-6,920%	12,291%	

Bei der vor/rück Sensomotorik gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen: T=0,55, df=61, $p>0,05$

5.5 Bewegungsrichtung

In diesem Kapitel wurde getestet, ob sich Unterschiede in den Messergebnissen der beiden Bewegungsrichtungen zeigen. Die Untersuchung wurde mit gepaarten Stichproben durchgeführt und somit getestet, ob sich bei einer Person Unterschiede in den Messergebnissen zwischen der Bewegungsrichtung vor/rück und links/rechts ergeben.

Tabelle 68: Statistik bei gepaarten Stichproben für Stabilität

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	L/R Stabilität	77,1946%	257	17,63256%	1,09989%
	V/Z Stabilität	82,0778%	257	16,36694%	1,02094%

Tabelle 69: Korrelationen bei gepaarten Stichproben für Stabilität

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 L/R Stabilität & V/Z Stabilität	257	,483	,000

Tabelle 70: Test auf Unterschied für Stabilität

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	L/R Stabilität - V/Z Stabilität	-4,883%	17,3280%	1,08089%	-7,0118%	-2,7547%	-4,518	256	,000

Die Messresultate zeigen, dass bei den Probanden ein signifikanter Unterschied zwischen den Messergebnissen der vor/rück Stabilität (Mittelwert: 77,2%, Standardabweichung: 17,6%) und der links/rechts Stabilität (Mittelwert: 82,1%, Standardabweichung: 17,6%) besteht: $T = -4,518$, $df = 256$, $p < 0,01$

Man kann also daraus schließen, dass die links/rechts Stabilität bei Menschen besser ausgeprägt ist als die vor/rück Stabilität.

Tabelle 71: Statistik bei gepaarten Stichproben für Sensomotorik

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	L/R Sensomotorik	92,9805%	257	20,04866%	1,25060%
	V/Z Sensomotorik	103,035%	257	19,5972%	1,2224%

Tabelle 72: Korrelationen bei gepaarten Stichproben für Sensomotorik

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	L/R Sensomotorik & V/Z Sensomotorik	257	,313	,000

Tabelle 73: Test auf Unterschied für Sensomotorik**Test bei gepaarten Stichproben**

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	L/R Sensomotorik - V/Z Sensomotorik	-10,054%	23,23548%	1,44939%	-12,909%	-7,2002%	-6,937	256	,000

Die Messresultate zeigen, dass bei den Probanden ein signifikanter Unterschied zwischen den Messergebnissen der vor/rück Sensomotorik (Mittelwert: 103%, Standardabweichung: 19,6%) und der links/rechts Sensomotorik (Mittelwert: 93%, Standardabweichung: 20.1%) besteht: $T = -4,518$, $df = 256$, $p < 0,01$

Das Ergebnis zeigt, dass die Sensomotorik bei Menschen in der vor/rück Richtung besser ausgeprägt ist als in der links/rechts Richtung.

Zusammenfassend kann man den Ergebnissen entnehmen, dass bei den Tests das Alter betreffend unterschiedliche Ergebnisse zustande kamen. Unter Miteinbeziehung des Geschlechts konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

Um die Einflussnahme anthropometrischen Faktoren zu testen, fanden unterschiedliche statistische Prozeduren statt. Hier zeigte sich ein sehr geringer negativer Zusammenhang zwischen der Körpergröße und den Ergebnissen und kein signifikanter Unterschied zwischen Testpersonen mit einer Körpergröße unter 178cm und über 178cm.

Auch der BMI zeigte einen geringen negativen Zusammenhang mit den Ergebnissen. Bei der Einteilung in zwei Gruppen fiel jedoch auf, dass ein signifikanter Unterschied zwischen Personen mit einem $BMI < 25$ und Personen mit einem $BMI > 25$ besteht.

Der Testzeitpunkt zeigte nur in der vor/rück Bewegungsrichtung signifikante Ergebnisse.

Die Miteinbeziehung der Trainingsaktivität führte auch nicht zu einheitlichen Ergebnissen.

Nach Trennung der Testpersonen in verletzungsfreie und Probanden, die schon Verletzungen am Bewegungsapparat erlitten haben, zeigten sich numerische Unterschiede, die sich nicht signifikant niederschlagen.

Für den Faktor Bewegungsrichtung zeigen sich sowohl bei der Stabilität, als auch bei der Sensomotorik signifikante Unterschiede zwischen den Testpersonen.

6 Diskussion

Im Abschlussteil der Arbeit erfolgt eine Betrachtung und kritische Auseinandersetzung mit der Methodik. Anschließend werden die Ergebnisse der Studie diskutiert.

6.1 Kritik der Methodik

6.1.1 Umfeld und Ablauf

Um ein standardisiertes Untersuchungsdesign zu gewährleisten, muss der Ablauf normiert sein. Da die Messergebnisse aus zwei unterschiedlichen Testreihen stammen, ist es möglich, dass sich gewisse Einflussfaktoren bemerkbar machen. Es wurde in beiden separaten Räumlichkeiten darauf geachtet, dass alle Umgebungsbedingungen während der Testreihen gleich blieben. Die Räumlichkeiten waren von der Platzaufteilung her vergleichbar und vom Arbeitslärm der Firmen abgeschirmt. Da die äußeren Bedingungen wie Licht, Temperatur und Lärm zu einer Störung der Afferenzen und damit des Gleichgewichts führen können, wurde versucht, diese Einflussfaktoren zu minimieren und so stabil wie möglich zu halten. Dennoch ist es unmöglich, Störeinflüsse durch die Umgebung völlig auszuschließen.

Das Messgerät wurde in beiden Fällen nahezu ident aufgebaut, wobei der Abstand zum Tester und den umgebenden Wänden vergleichbar war. Nach erfolgreicher Kalibrierung des Gerätes lief die Messung streng standardisiert ab (siehe Kap. 4).

Ein Kritikpunkt ist, dass sich viele Probanden weigerten, ihre Socken auszuziehen und es somit vielleicht zu einer Beeinflussung des sensorischen Inputs der Fußsohlen kam.

Obwohl es einen Zeitplan für die Testung gab, kam es manchmal zu kurzen Wartezeiten für Probanden. Es war den Testpersonen erlaubt im Therapieraum zu warten und der laufenden Testung beizuwohnen. Hier konnten sie sich schon auf den kommenden Test einstellen und womöglich Informationen sammeln. In den Räumlichkeiten gab es auch MFT-

Übungsmaterialien, die von den wartenden Leuten teilweise genutzt wurden und es ist nicht auszuschließen ist, dass diese kurze Übungsphase das Messergebniss beeinflusste.

Wenn es zu einem Abbruch der Testung (siehe Kap. 4.4) kam, durfte die Person den Test wiederholen und hatte schon Lernerfahrungen, die sich vielleicht im Messresultat niedergeschlugen.

6.1.2 Probanden

Der Umstand, dass die Probanden aus einer Firma stammten und sich im kommunikativen Austausch befanden, führte womöglich dazu, dass die Testpersonen sich schon vorher auf die S3 Messung vorbereiteten, um bessere Ergebnisse zu erzielen. Obwohl im Voraus schon festgestellt wurde, dass die Testergebnisse anonym bleiben und die Teilnahme freiwillig war, befürchteten einige Probanden das Ergebnis könnte sich auf ihr Berufsleben auswirken.

In diese Studie sollten Ergebnisse von Personen ohne MFT-Erfahrung einfließen, weswegen zusätzliche Informationen wie z.B. MFT-Erfahrung erhoben wurden. Durch diese Maßnahme sollten die Messwerte standardisiert werden.

Es wurde bei dieser Studie nicht darauf Rücksicht genommen, dass bei den Probanden eine Ausgeglichenheit zwischen Land- und Stadtbevölkerung bestand. Raschner (2008) wies auf den Einfluss von sozialen Bindungen auf die Gleichgewichtsfähigkeit hin. Ein weiterer Einflussfaktor, der bei der Testung nicht berücksichtigt wurde, ist der Arbeitsbereich des Probanden. Die Mehrheit der getesteten Personen musste körperliche Arbeit verrichten, wobei die Minderheit Bürotätigkeiten zu erfüllen hatte. Dieser berufsbiographische Hintergrund führt wahrscheinlich auch zu veränderten Messergebnissen und sollte zum Inhalt weiterer Messungen werden.

Ebenso sollte man den Schichtbetrieb, der in beiden Firmen an der Tagesordnung steht, berücksichtigen, weil auch er einen Einfluss auf die Aktivität und Leistungsfähigkeit der Probanden hat. Es war zwar ausdrücklich erwünscht, dass die Testpersonen vollkommen ausgeruht sein müssen, aber in seltenen Fällen war es aufgrund einer Terminkonstellation nicht möglich.

Es ist also festzustellen, dass es sich bei den Probanden um eine inhomogene Gruppe handelte, welche Differenzen in Alter, Herkunft, Arbeitsplatz, sportlichen Hintergrund und Verletzungsgenese aufweist. Es ist möglich, dass diese Tatsache zu den hohen Standardabweichungen bei den Messergebnissen führte.

Kritisch zu vermerken ist weiterhin, dass bei der Aufnahme der sportlichen Aktivität und den Verletzungen kein standardisierter Fragebogen benutzt wurde und somit die Aussagen der Probanden etwas auseinanderdriften. Bei der Auswertung wurde jedoch festgelegt, wann eine Person als trainiert gilt und welche Verletzungen einfließen.

6.2 Diskussion der Ergebnisse

6.2.1 Alter

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass ein signifikanter Unterschied bei der links/rechts Stabilität und der vor/rück Sensomotorik zwischen den beiden Altersgruppen besteht. Die Werte von Probanden unter einem Lebensalter von 40 Jahren waren signifikant besser als jene von Personen über 40 Jahren.

Bei den anderen beiden Messungen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, auch wenn es numerische Vorteile für die jüngere Gruppe gab.

Da Studien mit dem MFT-S3 Testsystem die gleichen Ergebnisse zeigten (Kruis et al. 2005, Tilscher et al 2006), kann man davon ausgehen, dass das Alter ein großer Einflussfaktor auf das MFT-S3 Ergebnis ist, der auch in der Bestimmung der Normwerte berücksichtigt wurde.

Stabilität und Sensomotorik sind aber auch in höherem Alter trainierbar. Die hohe Standardabweichung bei den Probanden (siehe Kap. 5.11) zeigt, dass die Ergebnisse großen Schwankungen unterworfen sind und dass man nicht allein vom Alter auf das Ergebnis schließen kann. Durch Training und körperliche Aktivität kann man der physiologischen Altersinvolution entgegenwirken und sehr gute Ergebnisse auf dem S3 erzielen. Weitere Studien, die den Unterschied zwischen sportlich aktiven älteren Personen und passiven Personen messen, wären notwendig.

Bei Messungen mit dem MacReflex Motion Capture System (Kejonen 2002) unter statischen Bedingungen zeigte sich kaum ein Unterschied in der Balancekontrolle zwischen den Altersgruppen. Aus diesen und den Ergebnissen mit dem S3 kann man schließen, dass man Messungen der Körperstabilität unter erschwerten Bedingungen durchführen muss, um Unterschiede im Ergebnis zwischen den Altersdekaden zu erkennen.

6.2.2 Geschlecht

Die Ergebnisse bei dieser Studie zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern. Zwar zeigten die Frauen bei der links/rechts Stabilität bessere Werte (siehe

Kap. 5.1.2), aus denen aber nicht auf die Gesamtpopulation geschlossen werden kann. Hier finden sich aber dennoch Ähnlichkeiten zu den Ergebnissen von Kruis et al. (2005), die zeigten, dass Frauen bei der links/rechts Testung bessere Ergebnisse erzielten als Männer.

Bei der vor/rück Messung kam es kaum zu Unterschieden zwischen den Mittelwerten (siehe Kap. 5.1.2). Darum kann man diese Ergebnisse nicht mit denen von Kruis et al. (1994) vergleichen, bei denen die Männer im Vorteil waren.

Da man auch in der Literatur gegensätzliche Ansätze findet, ist es schwierig, hier genaue und allgemeingültige Aussagen zu treffen.

Bei anderen Messungen unter dynamischen Bedingungen (Wolfson et al., 1994) zeigte sich, dass bei älteren Frauen eine geringere posturale Kontrolle gemessen wurde, wobei sich im ruhigen Stand keine Unterschiede ergaben. Das deutet darauf hin, dass Frauen eine größere Angst zu fallen hatten und darum die Ergebnisse schlechter waren. Diese Einflussnahme scheint beim S3- Gerät, trotz dynamischer Testung, ausgeschaltet.

6.2.3 Körpergröße

Den Ergebnissen ist zu entnehmen (siehe Kap. 5.2.1.1), dass es zwar einen signifikanten, aber sehr geringen negativen Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der links/rechts Stabilität. Je größer eine Person ist, desto schlechter sind also ihre Ergebnisse bei der links/rechts Stabilität. Bei den anderen Resultaten zeigten sich jedoch keine signifikanten Ergebnisse.

Wenn man die Körperstabilität von einer rein physikalischen Seite betrachtet, könnte man denken, dass eine große Person Nachteile gegenüber einer kleineren besitzt. Je tiefer der Schwerpunkt, desto stabiler ist die Position.

Es konnte in dieser Studie aber kein deutlicher Zusammenhang zwischen der Körpergröße und den Messergebnissen erwiesen werden, weil nur die links/rechts Stabilität einen geringen signifikanten Zusammenhang aufweist. Die Körpergröße beeinflusst, laut den Ergebnissen dieser Studie, das Ergebnis des S3 nicht und kann somit nicht als Einflussgröße eingeordnet werden.

Auch bei dem Vergleich von Probanden mit einer Körpergröße über 178cm mit jenen unter 178cm bildeten sich keine signifikanten Unterschiede heraus (siehe Kap. 5.2.1.2). Zwar konnten die kleineren Probanden bei allen Messungen einen numerischen Vorteil erzielen, aber es konnte keine Signifikanz ermittelt werden. Man kann somit nicht verallgemeinern, dass kleinere Probanden bei der MFT-S3 Messung einen Vorteil gegenüber größeren

Probanden haben. Die große Streuung der Ergebnisse zeigte, dass große sowie kleine Probanden, sehr unterschiedliche Ergebnisse erzielten und somit das Resultat nicht von der Körpergröße abhängig ist.

Auch in der Studie von Kejonen et al. (2003) wurde deutlich, dass Korrelationen zwischen anthropometrischen Faktoren und Balancekontrolle bestehen, diese aber sehr gering sind. Kein einzelner Faktor, zu denen unter anderen Körpergröße, Beinlängen und Abstand Vorfuß-Ferse gehörten, konnte die Variationen der Körperausgleichsbewegungen auf zwei Beinen erklären.

Eine Untersuchung im ruhigen Stand (Chiary et al. 2002) zeigte, dass zwischen den meisten Stabilitätsparametern aus der Literatur und Parametern wie z.B. Körpergröße, maximale Fußbreite und Gewicht sehr wohl moderate bis hohe lineare Abhängigkeiten bestehen.

Es gibt also differenzierende Ergebnisse bei statischen und dynamischen Messungen, wobei es schwierig ist, verschiedene Studien und Indexsysteme zu vergleichen, weil bei den jeweiligen Messungen unterschiedliche Anforderungen an das Gleichgewicht gestellt werden. Aufgrund dieser Studie ist jedoch anzunehmen, dass die Körpergröße als aussagekräftiger Einflussfaktor für das MFT-S3 Ergebnis und somit für die Indexsysteme Stabilität und Sensomotorik ausscheidet.

6.2.4 BMI

Im Kapitel 5.2.2.1 wird verdeutlicht, dass der Zusammenhang zwischen dem BMI und der Stabilität hoch signifikant, aber verschwindend klein ist. Die Ergebnisse, die die Sensomotorik betreffen sind nahezu ident. Man kann dieser Studie also entnehmen, dass der BMI die Messresultate des S3-Checks nur in sehr geringem Maße beeinflusst.

Die Massenträgheit wirkt sich auf das Balanceverhalten aus und man muss während der S3-Testung den Körper gegen die Schwerkraft im Gleichgewicht halten und immer wieder, so schnell wie möglich, in die Ruhelage bringen. Dadurch war es anzunehmen, dass der Einfluss des BMI größer ist.

In anderen Studien (Greve et al. 2007, Kejonen et al. 2003, Mc Graw et al 2000) zeigte sich, dass ein hoher BMI die Erhaltung und Wiederherstellung des Gleichgewichts sehr wohl beeinflusst. Es wurde in diesen Studien teilweise mit übergewichtigen Probanden gearbeitet ($BMI > 30$), die aus der Norm herausfallen und der Zusammenhang der posturalen Stabilität mit einer Gewichtsreduktion getestet. Die Ergebnisse in diesen Fällen kann man jedoch nicht

mit denen dieser Studie vergleichen, weil in dieser Arbeit an Durchschnittsmenschen untersucht wurde, ob der BMI das Ergebnis des S3 und damit die Körperstabilität beeinflusst. Kritisch ist anzumerken, dass der BMI keinen Parameter der Körperkompositionsevaluation darstellt und somit nichts über den Anteil der Muskelmasse aussagt. Die Folge ist, dass man Probanden bei der Bestimmung der Körperstabilität schwer anhand ihres BMI einordnen kann.

In dieser Arbeit wurde auch erforscht, ob sich die Resultate von Personen mit einem BMI>25 von denen mit einem BMI<25 unterscheiden. Die Ergebnisse der Stabilität und der Sensomotorik zeigten, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht. Im Mittel erzielten also Personen mit einem BMI<25 deutlich bessere Ergebnisse beim S3 Test als Personen mit einem BMI>25. Die hohe Streuung zeigte aber, dass auch Personen mit einem hohen BMI gute Ergebnisse erzielen können. Ein Zeichen dafür, dass auch andere Faktoren mitwirken und das Ergebnis nicht allein durch den Zusammenhang mit dem BMI determiniert ist, der ja sehr gering ist.

Da es anzunehmen ist, dass die Körperzusammensetzung das Messresultat des S3 beeinflusst und der BMI sich, aufgrund des geringen Zusammenhangs, nur in geringem Maße dazu eignet als Einflussfaktor in die Auswertung einzufließen, sind weitere Studien notwendig, um diese These zu bestätigen.

6.2.5 Testzeitpunkt

In einer Studie von Gribble et al. (2007) fanden sich keine konsistenten Ergebnisse, die den Einfluss der Tageszeit auf die statische posturale Kontrolle belegen konnten. Der Studie ist jedoch zu entnehmen, dass bei der dynamischen Testung eine signifikante Beeinflussung der Stabilität durch tägliche Verhaltensmuster vorliegt und der Morgen die beste Zeit für die Testung ist. Der Unterschied zwischen statischer und dynamischer Messung ist möglicherweise durch eine erhöhte Aufmerksamkeit am Vormittag zu erklären.

In dieser Untersuchung wurden zwei Gruppen gebildet und getestet, ob sich die Messergebnisse der Gruppe, die am frühen Vormittag getestet wurde, von den Resultaten der Probanden, die am Nachmittag den Test durchführten, unterscheiden (siehe Kap. 5.3). Bei der vor/rück Messung ergaben sich bei der Stabilität und der Sensomotorik signifikante Unterschiede. Aufgrund der Ergebnisse kann man feststellen, dass Probanden, die am frühen Vormittag getestet werden im Mittel bessere Ergebnisse bei der vor/rück Messung erzielen als Probanden, die am Nachmittag getestet werden. Auch hier finden sich jedoch große

Schwankungen, welche vielleicht dadurch zu erklären sind, dass durch die Schichtarbeit in den Betrieben die täglichen Verhaltensmuster und damit die physiologischen und neurologischen Funktionen beeinflusst sind. Durch die verschiedenen Terminkonstellationen war es sicher nicht jedem Arbeiter möglich, vollkommen ausgerastet zur Messung zu erscheinen. Dadurch ist in manchen Fällen eine Beeinflussung der physischen und kognitiven Aktivitäten nicht auszuschließen.

Schwierig gestaltet sich die Interpretation der Ergebnisse bei der links/rechts Messung, weil sich hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten. Auch die Mittelwerte der beiden Gruppen waren nahezu ident. Weil die Messung am frühen Vormittag jedoch signifikante Vorteile bei der vor/rück Messung zeigte, kann man daraus schließen, dass der frühe Vormittag der beste Zeitpunkt für den S3-Check ist.

6.2.6 Körperliche Aktivität und Verletzungen

6.2.6.1 Training

Durch körperliche Aktivität werden die physischen Leistungsfaktoren Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer und Beweglichkeit verbessert. Diese stellen die Voraussetzung für koordinative Fähigkeiten und damit auch für die Erhaltung und Wiederherstellung des Gleichgewichts dar. Aufgrund eigener Erfahrungen spielen beim S3-Check die Reaktionsfähigkeit für die Sensomotorik und vor allem auch die Ausdauer eine große Rolle. Eine psychophysische Ermüdung führt zu einer Abnahme der Bewegungsgenauigkeit und der Konzentration. Die Folge ist eine Verschlechterung der S3- Ergebnisse. Auch Grannert (2005) und Boer (2006) konnten in ihren Studien feststellen, dass die Muskelermüdung die posturale Stabilität negativ beeinflusst.

Während des S3-Tests dieser Studie musste ein Proband insgesamt vier Minuten versuchen die Balance zu halten. Bei ungeübten und sportlich inaktiven Personen ist es nicht auszuschließen, dass es in diesem Zeitraum zu einer psychophysischen Ermüdung kommt.

Bei der Erhebung der Normwerte und der Validierung für das S3-Testgerät wurde bewiesen, dass Skirennläufer bessere Werte als die Normwertegruppe erzielten. Es ist jedoch schwierig, von Skirennsportlern auf sportlich aktive Hobbysportler zu schließen, aber es zeigt sich, dass gut trainierte Sportler bei der S3-Testung bessere Werte erzielen.

Die Ergebnisse dieser Studie (siehe Kap. 5.4.1) machen deutlich, dass nur bei der links/rechts Sensomotorik ein signifikanter Unterschied zwischen aktiven und inaktiven Probanden besteht und dass trainierte Sportler im Mittel bessere Werte erzielen.

Es fanden sich bei allen anderen Indexen deutliche numerische Unterschiede, zugunsten der aktiven Probanden, aber man kann davon nicht auf die Gesamtbevölkerung schließen. Eine Tendenz ist jedoch abzulesen und es erfordert wohl eine höhere Probandenzahl mit nahezu identischen Fitnesswerten in der aktiven Gruppe, um die Einflüsse der sportlichen Aktivität statistisch zu beweisen.

Es wird jedoch nicht einfach, den Trennwert zwischen Aktivität und Inaktivität festzulegen, weil es eine Vielzahl von unterschiedlichen Erscheinungsformen gibt.

Ein weiterer Punkt, der in die Auswertung einfließen müsste, ist die sportmotorische Vorerfahrung. In dieser Studie wurde nur die Erfahrung mit MFT- Geräten aufgezeichnet, aber nicht die sportliche Entwicklungsgenese, die in einigen Studien eng mit der koordinativen Leistungsfähigkeit zusammenhängt. Demnach ist die vielseitige Bewegungserfahrung, die durch sportliche Aktivität und Training ermöglicht wird, vielleicht ein wichtiger Einflussfaktor für die S3-Testergebnisse.

6.2.6.2 Verletzungen

Bei dieser Auswertung (siehe Kap. 5.4.2) wurde untersucht, ob eine frühere Verletzung sich auf das Resultat des S3-Checks auswirkt.

Die Verletzungen der Probanden sind sehr unterschiedlich und schwer miteinander in Beziehung zu setzen.

Die Verletzungen der Probanden reichen von Meniskusschaden über Kreuzbandriss, operierte Hüftgelenke, und gebrochenen Wirbel zu den verschiedensten Frakturen der unteren Extremitäten.

Probanden mit akuten Verletzungen wurden schon im Vorhinein von der Testung ausgeschlossen.

Kritisch ist bei dieser Auswertung anzumerken, dass es keine Einblicke in den Heilungsprozess der individuellen Verletzungen gab und der Grad der Verletzung, ebenso wie der Zeitpunkt der Verletzung, bei der Auswertung nicht berücksichtigt wurde. Interessant wäre zu erfahren, ob in der Rehabilitation ein Schwerpunkt auf koordinative Elemente gelegt wurde und wieweit sich das in den Testergebnissen widerspiegelt.

Bei den Ergebnissen dieser Studie zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die Stabilität zeigte eine deutliche Tendenz zugunsten der verletzungsfreien Probanden, die sich aber nicht signifikant niederschlägt. Bei der Sensomotorik gab es bei Mittelwert nur minimale Differenzen zwischen den Gruppen. Die geringe Gruppengröße und die unterschiedlichen Ausmaße der Verletzung waren wohl die Gründe dafür, dass sich keine signifikanten Ergebnisse zeigten. Dass die numerischen Unterschiede bei der Stabilität größer waren als bei der Sensomotorik führt zu der Vermutung, dass es für Probanden mit Verletzungen schwieriger ist, die Unterstützungsplattform stabil zu halten. Die Sensomotorik, die anzeigt, wie schnell man wieder das Gleichgewicht findet, zeigte hingegen weniger Unterschiede und dürfte gegen den Einflussfaktor Verletzungen stabiler sein. Die große Streuung der Ergebnisse zeigte aber auch, dass individuelle Unterschiede sehr groß waren. Es zeigt jede Person individuelle Heilungsprozesse und durch gezielte Förderung der koordinativen Fähigkeiten in der Rehabilitation kann man seine Balancefähigkeit sogar über das Ausgangsniveau hinaus steigern.

6.2.7 Bewegungsrichtung

Wenn man die Auswertungsergebnisse der Bewegungsrichtung (siehe Kap. 5.5) betrachtet, wird ersichtlich, dass es, die Bewegungsrichtung betreffend, signifikante Unterschiede gab. Die Ergebnisse zur Stabilität fielen zugunsten der links/rechts Stabilität aus. Es gibt signifikante Unterschiede zwischen beiden Bewegungsrichtungen und bei Testungen mit dem S3 erzielen Menschen im Mittel bessere Werte in der lateralen Bewegungsrichtung.

Bei den Resultaten der Sensomotorik ergibt sich ein umgekehrtes Bild, weil es signifikante Unterschiede zugunsten der vor/rück Sensomotorik gibt.

Laut Greeve et al. (2007) sind für die vor/rück Bewegungen die Rumpfverlagerungen verantwortlich und für die lateralen Bewegungen die Verlagerungen der Hüfte und der unteren Extremitäten.

Da man die auch die Hände für Ausgleichsbewegungen verwenden darf, ergibt sich somit vielleicht ein Vorteil bei der links/rechts Stabilität gegenüber der vor/rück Stabilität. Es sind in dieser Bewegungsrichtung aufgrund der Symmetrie offensichtlich feinere Ausgleichsbewegungen möglich, die sich in den Ergebnissen niederschlagen. In anteriorer/posteriorer Richtung werden hauptsächlich Rumpfausgleichsbewegungen verwendet, um die Stabilität zu erhalten. Den Ergebnissen mit dem S3 zu entnehmen, sind

diese Bewegungen zwar schnell, aber nicht so präzise zu dosieren wie die Balancekontrollbewegungen der Hüfte und der unteren Extremitäten.

Die Sensomotorik kann bei der S3-Testung als Reaktionsdauer, in der man wieder das Gleichgewicht herstellen kann, verstanden werden. Deswegen ergibt sich bei diesen Resultaten ein umgekehrtes Bild.

Unterschiedliche Afferenzsysteme und die Reaktionsdauer bzw. Präzision der verschiedenen Muskelgruppen sind wahrscheinlich hauptverantwortlich für dieses Ergebnis.

7 Schlussfolgerungen

Das Ziel dieser Arbeit war es, mögliche Einflussgrößen auf das MFT-S3 Ergebnis zu untersuchen und festzustellen, ob sich durch die Nichtberücksichtigung einzelner Faktoren die Aussagekraft des S3- Körperstabilitätstest verringert.

Das Ziel von MFT ist es einen individuellen Koordinationswert festzustellen, welcher als Ausgangspunkt für ein gesteuertes Training dienen soll. Die Ergebnisse der Testpersonen werden sofort mit den Normwerten ihrer Altersgruppe und ihres Geschlechts verglichen und daraus entwickelt sich der Messwert. Diese Einordnung stellt die Basis dar, aber vielleicht wäre es wichtig bei dem Vergleich mit den Normwerten noch weitere Untergruppen neben dem Alter und dem Geschlecht zu bilden.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit kann man herauslesen, dass das Alter richtungsweisend für das Messresultat ist. Die hohe Standardabweichung zeigt, dass auch andere Einflussfaktoren zum Tragen kommen.

Obwohl ich eine Trennung zwischen den Geschlechtern bei dem Vergleich mit den Normwerten für sinnvoll und wichtig erachte, finden sich in dieser Studie keine ausschlaggebenden Unterschiede. Man kann aufgrund der Ergebnisse dieser Studie nicht behaupten, dass Männer bessere oder schlechtere Ergebnisse erzielen als Frauen. Eine Tendenz zu den Ergebnissen von Kruis et. al. (1994) ist da, aber insgesamt decken sich die Ergebnisse dieser Arbeit mit den gegensätzlichen Ansätzen aus der Literatur.

Die Körpergröße spielt nach diesen Testergebnissen eine geringe Rolle und deshalb ist es nicht nötig sie bei der Auswertung des S3 zu berücksichtigen. Die Einordnung der Probanden nach ihrem BMI kann die Aussagekraft des S3-Testsystems nur in geringstem Maße verbessern. Der BMI stellt keinen Parameter der Körperkompositionsevaluation dar. Die

Körperzusammensetzung ist sicher ein wichtiger Faktor, der berücksichtigt werden sollte, es fehlt aber an geeigneten Methoden Personen nach ihrer Körperkomposition einzuordnen.

Es fanden sich signifikante Unterschiede bei der vor/rück Testung zwischen den Ergebnissen am Vormittag und am Nachmittag. Der Testzeitpunkt sollte somit immer gleich gewählt werden, weil sonst eine Verfälschung der Ergebnisse möglich ist. Der frühe Vormittag ist der beste Zeitpunkt für den S3-Check

Die Trainingsaktivität und der Fitnesszustand zeigen eine starke Tendenz zugunsten der aktiven Probanden. Es sind weitere Studien mit homogenen Gruppen notwendig, um den signifikanten Einfluss zu beweisen.

Noch wichtiger wäre der Einfluss des sportbiographischen Hintergrunds, zu dem es leider noch keine Studien mit dem S3 gibt.

Bei den Verletzungsgruppen ist die Streuung der Ergebnisse sehr groß und es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede. Individuelle Differenzen in Heilungsprozessen und rehabilitativen Maßnahmen lassen einen Vergleich mit dem S3 nicht zu. Aus den Resultaten ist jedoch zu erlesen, dass man durch eine gute Rehabilitation auf dem S3 durchaus überdurchschnittliche Werte erzielen kann.

In der Bewegungsrichtung unterschieden sich die Stabilitätswerte und die Sensomotorikwerte signifikant voneinander. Bei der Stabilität, die feine und präzise Balancekontrollbewegungen erfordert, zeigten sich bessere Werte bei der links/rechts Testung. Die Sensomotorik, die schnelle Ausgleichsbewegungen benötigt, war in der vor/rück Richtung besser ausgeprägt. Es ist also schwierig die Testergebnisse beider Bewegungsrichtungen einer Person zu vergleichen. Dadurch, dass man sehr unterschiedliche Ergebnisse in den beiden Richtungen erzielen kann, wird die Aussagekraft des gesamten Testergebnisses in Frage gestellt. Man muss die Ergebnisse getrennt voneinander betrachten.

Insgesamt kann man feststellen, dass durch die hohe Standardabweichung, die in allen Gruppen der Messungen auftaucht, individuelle Vergleiche zwischen Einzelpersonen erschwert werden. Durch die Gruppenvergleiche kann man zwar Tendenzen ablesen, aber da die koordinativen Fähigkeiten einer Vielzahl von Beeinflussungen unterworfen sind, kann man das Ergebnis nicht von einzelnen Faktoren abhängig machen. Erst das komplexe Zusammenspiel verschiedener, individueller Voraussetzungen, Einflüsse und Größen führt zu dem Messergebnis. Wenn unter standardisierten Bedingungen getestet wird, sind aber Vergleiche der eigenen Messwerte möglich und zur Trainingsdokumentation sinnvoll.

8 Literaturliste

Aigner, E.; Raschner, C.(2005). Normwerte für den S3 Körperstabilitätstest. Zugriff am 02. September 2008 unter http://www.mft.at/MFT/_STUDIEN/Studie_Normwerte.pdf

Angyan, L.; Teczely, T.; Angyan, Z. (2007). Factors affecting postural stability of healthy young adults. *Acta physiologica hungarica*. 94, 4, S. 289- 299

Attermeyer, R.; Sust, M.; Nicol K. (1998). Entwicklung eines Meßgerätes für den quasistatischen Gleichgewichtssinn, Forschungsmethodologische Aspekte von Bewegung, Motorik und Training im Sport, Darmstadt: Czwalina Verlag

Böer, R. (2006). Charakterisierung des Balanceverhaltens von Gesunden-, Hüft- und Kniepatienten auf dem Posturomed. Tübingen: Eberhart Karls Universität, Medizinische Fakultät

Bryant, EC.; Trew ME.; Bruce, AM.; Kuisma RM.; Smith AW. (2005). Gender differences in balance performance at the time of retirement. *Clinical biomechanics* (Bristol, Avon). 20, 3, S. 330-5.

Chiari, L.; Rocchi, L.; Capello, A. (2002). Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clinical biomechanics* (Bristol, Avon). 17, 9-10, S. 666-677.

Göhner, U. (1999). Einführung in die Bewegungslehre des Sports, Teil 2. Bewegungslehre des Sports. Schorndorf: Hofmann

Granert, J.P. (2005). Koordinationstrainingstherapie im Spacecurl: posturgraphische Ergebnisse bei Pflegepersonal mit Rückenschmerzen (elektronische Version). Halle: Martin-Luther-Universität, Medizinische Fakultät

Greve, J.; AlonsoA.; Bordini A.A.; Camanho G.L. (2007). Correlation between Body-Mass-Index and postural balance. *Clinical Science*, 62, 6, S.717-720

- Gruber, M.; Bruhn, S.; Gollhofer, A. (2006). Specific adaptations of neuromuscular control and knee joint stiffness following sensorimotor training. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 8, S. 636- 641
- Gribble P.A.; Tucker S.; White P.A. (2007). Time-of-Day Influences on Static and Dynamic Postural Control. *Journal of athletic Training*. 42, 1, S.35-41
- Kejonen, P.; Kauranen K., 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
- Kejonen, P.; Kauranen, K.; Ahasan R.; Vanharanta, H. (2002). Motion analysis measurements of body movements during standing: association with age an sex. *International journal of rehabilitation research*. 25, 4, S. 297-304
- Kruis, BL.; Pol, RJ van de.; Oosten EC van.; Stoltz NM.; Vermolen SM.(2006). Feasibility of using instrumented balance analysis with the MFT S3 stability check. Zugriff am 02. September 2008 unter http://www.mft.at/MFT/STUDIEN/Studie_Balanceanalyse.pdf
- McGraw, B.; McClenaghan, HG.; Dickerson, J.(2000). Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81, S. 484-490
- Maffiuletti, NA.; Agosti, F.; Riva, D.; Resnik, M.; Lafortuna, CL. (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
- Mlinek, T. (2004). Der MFT-Balancetest als mögliches Testverfahren zur Messung propriozeptiver Fähigkeiten im Bereich des Kniegelenkes am Beispiel der vorderen Kreuzbandruptur. Wien
- Molikova, R.; Bezdictkova, M.; Langova, K.; Holibka, V.; David, O.; Michalikova, Z.; Rehorova, J. (2006). The relationship between morphological indicators of human body and

posture. Biomedical papers of the medical faculty of the university palacky, Olomouc, Czechoslovakia, 150, 2, S. 261- 265

Popovic, M.R.; Pappas, I.P.I.; Nakazawa, K.; Keller, T.; Morari, M.; Dietz, V. (2000). Stability criterion for controlling standing in able-bodied subjects. 33, 11, S. 1359-1368

Raschner C.; Lember, S.; Platzner, H.-P.; Patterson, C.; Hilden, T.; Lutz, M. (2008). S3-Check- Evaluierung der Normwerterhebung eines Tests zur Erfassung der leistungsfähigkeit und Körperstabilität. Sportverletzung Sportschaden. 22, S. 100-105

Riemann B. L.; Myers, J.B.; Lephart S.M. (2002). Sensimotor System Measurement Techniques. Journal of athletic Training. 37, 1, S. 85-98

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

Schlumberger, A.; Schmidtbleicher, D. (1998). Zur Erfassung und Trainierbarkeit propriozeptiver Fähigkeiten. Sportverletzung Sportschaden. Stuttgart. 12, 3, S. 21- 24

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

Tilscher, T.; Gruber, D.; Lember, S.; Raschner, C. (2007). Auswirkungen von Beeinträchtigungen am passiven Bewegungsapparat auf das Ergebnis des S3 Körperstabilitätstests. Zugriff am 02. September 2008 unter http://www.mft.at/MFT/STUDIEN/Studie_S3_Koerperstabilitaetstest.pdf

Todorov, E. (2004). Optimality principles in sensorimotor control (review). Nature neuroscience, 7, 9, S. 907-915

Weineck, J. (2002). Optimales Training: leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings (11Aufl.). Balingen: Spitta-Verlag

Wilke, C. (2000). Sensomotorische Leistungen der unteren Extremitäten, Quantifizierungsmethoden und Training in der Rehabilitation. Köln: Deutsche Sporthochschule

Wolfson, L.; Whipple, R; Derby, CA.; Amerman, P.; Nashner, L. (1994). Gender differences in the balance of healthy elderly as demonstrated by dynamic posturography. Journal of Gerontology, 49, 4, S. 160-7

Internetadressen:

Firma MFT Multifunktionale Trainingsgeräte GmbH:

Zugriff unter:

<http://www.mft.at/>

Firma NeuroCom: BALANCE MASTER- Systeme:

Zugriff am 15.09.08 unter:

<http://resourcesonbalance.com/neurocom/products/ncmproductbrochure.pdf>

Physikalische Gesetze:

Zugriff am 5.09.08 unter:

<http://www.sport.uni-stuttgart.de/inspo/index.php?id=259> Letztes update am 28.10.2005

9 Verzeichnisse

9.1 *Abbildungsverzeichnis*

Abbildung 1: Arten des Gleichgewichts (vgl. Weineck, 2002, S. 542)	13
Abbildung 2: Testaufbau eines S3-Checks (Tilscher et al., 2007, S. 3).....	35
Abbildung 3: Graphische Umsetzung der Messwerte mit dem S3 (Tilscher et al., 2007, S. 5).	36
Abbildung 4: Normwerte der Männer in zehn Jahres Sprüngen für den Stabilitätsindex in der Messrichtung links/rechts (Tilscher et al., 2007, S.4).....	37
Abbildung 5- 10: Normalverteilungsüberprüfung der einzelnen Faktoren.....	47

9.2 *Tabellenverzeichnis*

Tabelle 1: Biometrische Daten der Probanden der Berndorf Band GmbH.....	34
Tabelle 2: Biometrische Daten der Probanden der Böhler Bleche GmbH.....	34
Tabelle 3: Biometrische Daten der gesamten Probanden.....	34
Tabelle 4: Gruppenstatistik für links/rechts Stabilität nach Altersgruppen	41
Tabelle 5: Test auf Unterschied zwischen den Altersgruppen für die links/rechts Stabilität..	42
Tabelle 6: Gruppenstatistik für vor/rück Stabilität nach Altersgruppen	42
Tabelle 7: Test auf Unterschied zwischen den Altersgruppen für die vor/rück Stabilität	42
Tabelle 8: Gruppenstatistik für links/rechts Sensomotorik nach Altersgruppen.....	43
Tabelle 9: Test auf Unterschied zwischen den Altersgruppen für die links/rechts Sensomotorik	43
Tabelle 10: Gruppenstatistik für vor/rück Sensomotorik nach Altersgruppen	43
Tabelle 11: Test auf Unterschied zwischen Altersgruppen für die vor/rück Sensomotorik	43
Tabelle 12: Gruppenstatistik für links/rechts Stabilität nach Geschlechtertrennung	44
Tabelle 13: Test auf Unterschied zwischen den Geschlechtern für die links/rechts Stabilität.	44
Tabelle 14: Gruppenstatistik für links/rechts Sensomotorik nach Geschlechtertrennung	44
Tabelle 15: Test auf Unterschied zwischen den Geschlechtern für die links/rechts Sensomotorik.....	45
Tabelle 16: Gruppenstatistik für vor/rück Stabilität nach Geschlechtertrennung	45
Tabelle 17: Test auf Unterschied zwischen den Geschlechtern für die vor/rück Stabilität	45
Tabelle 18: Gruppenstatistik für vor/rück Sensomotorik nach Geschlechtertrennung	46

Tabelle 19: Test auf Unterschied zwischen den Geschlechtern für die vor/rück Sensomotorik	46
Tabelle 20: Test auf Zusammenhang zwischen Größe und links/rechts Stabilität	48
Tabelle 21: Test auf Zusammenhang zwischen Größe und vor/rück Stabilität	48
Tabelle 22: Test auf Zusammenhang zwischen Größe und links/rechts Sensomotorik.....	49
Tabelle 23: Test auf Zusammenhang zwischen Größe und vor/rück Sensomotorik.....	49
Tabelle 24: Gruppenstatistik für links/rechts Stabilität nach Größeneinteilung	50
Tabelle 25: Test auf Unterschied zwischen den Körpergrößen für die links/rechts Stabilität.	50
Tabelle 26: Gruppenstatistik für links/rechts Sensomotorik nach Größeneinteilung	50
Tabelle 27: Test auf Unterschied zwischen den Körpergrößen für die links/rechts Sensomotorik.....	50
Tabelle 28: Gruppenstatistik für vor/rück Stabilität nach Größeneinteilung	51
Tabelle 29: Test auf Unterschied zwischen den Körpergrößen für die vor/rück Stabilität.....	51
Tabelle 30: Gruppenstatistik für vor/rück Sensomotorik nach Größeneinteilung	51
Tabelle 31: Test auf Unterschied zwischen den Körpergrößen für die vor/rück Sensomotorik	52
Tabelle 32: Test auf Zusammenhang zwischen BMI und vor/rück Stabilität.....	52
Tabelle 33: Test auf Zusammenhang zwischen BMI und links/rechts Stabilität.....	53
Tabelle 34: Test auf Zusammenhang zwischen BMI und vor/rück Sensomotorik	53
Tabelle 35: Test auf Zusammenhang zwischen BMI und links/rechts Sensomotorik	54
Tabelle 36: Gruppenstatistik links/rechts Stabilität nach BMI-Einteilung	54
Tabelle 37: Test auf Unterschied zwischen den BMI-Gruppen für die links/rechts Stabilität	55
Tabelle 38: Gruppenstatistik für vor/rück Stabilität nach BMI-Einteilung.....	55
Tabelle 39: Test auf Unterschied zwischen den BMI-Gruppen für die vor/rück Stabilität	55
Tabelle 40: Gruppenstatistik für vor/rück Sensomotorik nach BMI-Einteilung.....	56
Tabelle 41: Test auf Unterschied zwischen den BMI-Gruppen für die vor/rück Sensomotorik	56
Tabelle 42: Gruppenstatistik für links/rechts Sensomotorik nach BMI-Einteilung	56
Tabelle 43: Test auf Unterschied zwischen den BMI-Gruppen für die links/rechts Sensomotorik.....	56
Tabelle 44: Gruppenstatistik in Abhängigkeit des Testzeitpunktes für vor/rück Stabilität	57
Tabelle 45: Test auf Unterschied zwischen den den Testzeitpunkten für die vor/rück Stabilität	57

Tabelle 46: Gruppenstatistik in Abhängigkeit des Testzeitpunktes für vor/rück Sensomotorik	58
Tabelle 47: Test auf Unterschied zwischen den Testzeitpunkten für die vor/rück Sensomotorik	58
Tabelle 48: Gruppenstatistik in Abhängigkeit des Testzeitpunktes für links/ rechts Stabilität	58
Tabelle 49: Test auf Unterschied zwischen den Testzeitpunkten für die links/ rechts Stabilität	58
Tabelle 50: Gruppenstatistik in Abhängigkeit des Testzeitpunktes für links /rechts Sensomotorik.....	59
Tabelle 51: Test auf Unterschied zwischen den Testzeitpunkten für die links/ rechts Sensomotorik.....	59
Tabelle 52: Gruppenstatistik für Trainingsgruppen bei der links/rechts Stabilität	61
Tabelle 53: Test auf Unterschied zwischen aktiven und passiven Probanden für die links/rechts Stabilität	61
Tabelle 54: Gruppenstatistik für Trainingsgruppen bei der links/rechts Sensomotorik.....	61
Tabelle 55: Test auf Unterschied zwischen aktiven und passiven Probanden für die links/rechts Sensomotorik	61
Tabelle 56: Gruppenstatistik für Trainingsgruppen bei der vor/rück Stabilität	62
Tabelle 57: Test auf Unterschied zwischen aktiven und passiven Probanden für die vor/rück Stabilität	62
Tabelle 58: Gruppenstatistik für Trainingsgruppen bei der vor/rück Sensomotorik	62
Tabelle 59: Test auf Unterschied zwischen aktiven und passiven Probanden für die vor/rück Sensomotorik.....	62
Tabelle 60: Gruppenstatistik für Verletzungen bei der links/rechts Stabilität	64
Tabelle 61: Test auf Unterschied zwischen den beiden Gruppen für die links/rechts Stabilität	64
Tabelle 62: Gruppenstatistik für Verletzungen bei der links/rechts Sensomotorik	64
Tabelle 63: Test auf Unterschied zwischen den Gruppen für die links/rechts Sensomotorik..	64
Tabelle 64: Gruppenstatistik für Verletzungen bei der vor/rück Stabilität	65
Tabelle 65: Test auf Unterschied zwischen den Gruppen für die vor/rück Stabilität	65
Tabelle 66: Gruppenstatistik für Verletzungen bei der vor/rück Sensomotorik	65
Tabelle 67: Test auf Unterschied zwischen den Gruppen für die vor/rück Sensomotorik	65
Tabelle 68: Statistik bei gepaarten Stichproben für Stabilität.....	66
Tabelle 69: Korrelationen bei gepaarten Stichproben für Stabilität.....	66

Tabelle 70: Test auf Unterschied für Stabilität	66
Tabelle 71: Statistik bei gepaarten Stichproben für Sensomotorik	67
Tabelle 72: Korrelationen bei gepaarten Stichproben für Sensomotorik.....	67
Tabelle 73: Test auf Unterschied für Sensomotorik.....	67

10 Anhang

10.1 Abstract

10.1.1 Deutsche Version

Die Erfassung aktueller Leistungszustände führt zu qualitativen Verbesserungen der Trainingsbedingungen in allen Sportarten. Während auf dem konditionellen Sektor die Quantifizierung der Therapieeffekte schon weitverbreitet ist, ist die messtechnische Erfassung der koordinativen Leistungsparameter umstritten. Ein verbreitetes Verfahren zur geräteunterstützten Balanceanalyse ist der S3-Körperstabilitätstest der Firma MFT Multifunktionale Trainingsgeräte GmbH. Es handelt sich um ein Testverfahren zur Bewertung der Körperstabilität im Stehen, der sensomotorischen Regulationsfähigkeit und der funktionellen Bewegungssymmetrie.

Ziel dieser Arbeit war es herauszufinden, welche Einflussgrößen das Messergebnis beeinflussen und welche Faktoren bei der Erstellung der Testwerte miteinbezogen werden sollten, um die Aussagekraft zu steigern.

Anhand einer Literaturrecherche wurden mögliche Einflussfaktoren, zu denen unter anderen anthropometrische Faktoren, der BMI und die Bewegungsrichtung zählten, herausgefiltert. Im Zuge von zwei Testreihen wurden 255 Probanden mit dem S3 getestet und die Messergebnisse mit den jeweiligen Parametern mit Hilfe des SPSS 15.0 in Verbindung gesetzt.

Die Resultate führten zu sehr unterschiedlichen Ergebnisse. Die Körpergröße wies auf einen signifikanten aber sehr geringen negativen Zusammenhang mit den Ergebnissen hin. Es bestand jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen von Personen mit hohem und niedrigem BMI. In der vor/rück Bewegungsrichtung zeigten sich für den Testzeitpunkt signifikante Resultate. Für den Faktor Bewegungsrichtung kristallisierten sich ebenso signifikante Unterschiede heraus.

Die Körpergröße scheidet somit als aussagekräftiger Einflussfaktor aus. Die Ergebnisse des BMI zeigten, dass die Körperzusammensetzung das Messresultat beeinflusst, aber ein besseres Verfahren zur Körperkompositionsevaluation gefunden werden muss. Als idealer Testzeitpunkt für das S3 stellte sich der frühe Vormittag heraus. Die Ergebnisse in den zwei Bewegungsrichtungen unterschieden sich signifikant und deshalb muss man sie getrennt voneinander betrachten. Die hohe Standardabweichung, die in allen Gruppen der Messungen auftauchte, zeigt, dass die koordinativen Fähigkeiten von einer Vielzahl von Faktoren abhängen und das komplexe Zusammenspiel zu dem Messergebnis führt.

10.1.2 Englische Version

Today exist a lot of different measurements in sport that lead to a qualitative improvement of training circumstances. Instrumental measures of balance control are used but there is no recognised international standard and no evaluation method which fulfil the scientific standards. There is evidence, that the MFT-S3-Check is a scientifically objective, valid and reliable test system which evaluates a stability, sensomotoric and symmetry index.

The aim of this work is to identify parameters which influence the outcome of the S3-Check and reduce the expressiveness.

By the help of a literary research possible indicators were found. Anthropometric factors, body height, the body-mass-index and the exercise direction belonged to them.

During two testing sessions 255 persons were tested with the S3. The results were edited with the statistic program SPSS 15.0.

The body height showed a significant but very low negative correlation with the results. There was a significant difference between the results of people with low and high BMI. In the exercise direction existed a significant difference and there were significant differences in dependence of the testing time.

Therefore the body height is no important factor for the S3-check. The results in dependence of the BMI showed, that the body composition influences the S3-check, but there should be found a better measurement for it. The ideal time for the S3-check is in the morning. The results in the exercise direction showed a significant difference and must be judged separate. The high standard deviation explained that the coordination depends on variety of factors and the interaction of these leads to the S3 outcome.

10.2 Lebenslauf

Name: Farkas Benedikt

Geburtsdatum: 17.07.1983

Schulbildung:

Studium für Sportwissenschaften

Studium für Sportmanagement 2002- 2007

Bundesrealgymnasium Oberpullendorf 1993-2001

Volksschule Pilgersdorf 1989-1993

Beruflicher Werdegang:

Burgenländischer Tennisverband
Projekt- Back to School
Organisation, Terminkoordination, Betreuer

März- Juni 2008

Sport und Gesundheitszentrum Aspang
Niederösterreich
Gesundheitsmanagement

seid Nov. 2007

Aerofit Oberpullendorf
Mittelburgenland
Projektleiter- Fit und G`sund,
Organisation, Trainer,
Koordination

Feb.- Okt. 2007

Jugend-Erlebnis-Sport-Camp
Graz
Leitung, Koordination, Organisation

Juli 2007

HS Stoob, Bgld
Skikurs
Begleitlehrer

März 2007

Sport und Gesundheitszentrum Aspang
Niederösterreich
Berufspraktikum, Vertragsabschlüsse,
Beratungsgespräche, Terminkoordination,
Trainingsplanung, -betreuung,
Betreuung von Kooperationen, Partnerschaften

Sept. 2005- Feb. 2006

Extreme Deluxe Festival
Aspang
Mitorganisator, Koordination, Organisation

März- Juli 2005